



MÉMOIRE PRÉSENTÉ À  
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI  
COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE LA TERRE

Par  
ROCÍO PEDREIRA PÉREZ  
M. Sc.

**La Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk : une nouvelle  
séquence ophiolitique dans l'arrière-pays de la Zone Noyau  
du sud-est de la Province de Churchill (Québec)**

Novembre 2017



## Résumé

La Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk est localisée près du contact entre la Zone Noyau et l'Orogène des Torngat, dans la partie sud-est de la Province de Churchill. Cette suite est formée de plusieurs corps plurikilométriques, orientés grossièrement N-S et distribués le long du Couloir de Déformation de Blumath.

Une cartographie et un échantillonnage systématique de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk ont été effectués pendant l'été 2014. Ces travaux montrent qu'elle est composée de deux types de faciès : des roches ultramafiques et des roches mafiques, et qu'elles sont métamorphisées aux faciès des granulites et rétrogradées aux faciès des schistes verts supérieurs et des amphibolites. L'intensité du métamorphisme, de la déformation et de l'altération subis par les roches de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk ont rendu leur identification et leur classification particulièrement difficile. La nomenclature et la classification des roches ont d'abord été établie par des observations visuelles des modes minéralogiques et précisées à l'aide des données lithogéochimiques. Les observations montrent que la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk est dominée par quatre principaux faciès de roche : 1) des péridotites, 2) des pyroxénites, 3) des amphibolites et 4) des roches mafiques (gabbros et basaltes).

Pedreira Pérez (2015) proposait que les roches de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk pourraient appartenir à une séquence ophiolitique dans laquelle nous retrouvons une section mantellique (harzburgites) et une section crustale composée de roches d'origine cumulative (lherzolites, webstérites à olivine, webstérites, clinopyroxénites, amphibolites et roches mafiques gabbroïques). Les données géochimiques sur roche totale montrent des évidences que les magmas à l'origine de ces roches ont évolué par un processus de cristallisation fractionnée à partir d'une seule série magmatique. La chimie minérale des spinelles des roches de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk montre des caractéristiques comparables à des péridotites d'avant-arc ou à des péridotites abyssales. Les profils des REE des amphibolites basaltiques du Groupe de Lake Harbour, montrent des profils des REE similaires aux webstérites à olivine tardives, aux amphibolites et aux gabbros de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk, ce qui suggère une origine commune pour ces roches. Les profils des REE de ces roches et les éléments traces montrent des caractéristiques similaires aux basaltes tholéïtiques d'île en arc océaniques. L'interprétation que le

Couloir de Déformation de Blumath constitue une ancienne zone de suture semble avérée.

Puisque la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk correspond à une séquence ophiolitique, son potentiel économique est davantage limité en comparaison aux intrusions litées. Pour une séquence ophiolitique, la prospection devrait s'attarder à la présence de dépôt de chromite (dans la portion mantellique, à la zone de transition croûte-manteau ou encore dans les faciès dunititiques/pyroxénitiques à la base de la croûte) et à la présence de Sulfures Massifs Volcanogènes (SMV ou *Volcanogenic Massive Sulfides*, VMS, en anglais) de type Chypre dans les séquences volcaniques qui recouvrent la portion plutonique de la croûte.



## Remerciements

Ce mémoire est l'aboutissement de 3 années d'étude et de travail ainsi que le fruit de l'implication de personnes dévouées. Je tiens à remercier en premier lieu mon directeur de maîtrise, Philippe Pagé, dont l'aide précieuse et les conseils avisés m'ont servi de trame tout au long du projet. Ma gratitude va également à mes co-directeurs Sarah-Jane Barnes et Daniel Bandyayera, pour leurs commentaires constructifs. J'en profite aussi pour exprimer ma reconnaissance envers Edward W. Sawyer pour son implication au début du projet. Je veux également remercier le Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec, sans le soutien financier duquel le projet n'aurait pas vu le jour.

Je remercie mes amis de l'UQAC : Alizée et notre mariage à Las Vegas, Anouck la professeure d'escalade, Ben "c'est pas clair c'est circulaire", Catherine et ses meilleures pâtisseries, Doudou et son déhanché fatal, Guillaume "Conchita Wurst", Joshy "Trumpa Lumpa", Julien le meilleur coloc de bureau Walter, Lina ma chérie, Luis "Galo bicha", Snowboard Sandra "Sandrita", Sandrine "Titou" maman de la beauté féline, Yan et les parties interminables de Catane, Shahriyar mon bébé et les autres étudiants du RÉDIST pour les bons moments partagés à Chicoutimi. Merci les amis !

Merci à mes parents, Juanma et Mari, à ma famille et mes amis d'Espagne qui m'ont soutenu de l'autre côté du "*charco*".

Et finalement, merci infiniment à mon conjoint Manu, pour son appui indéfectible et ses encouragements tout au long du projet!



## Table des matières

Résumé .....	I
Remerciements .....	III
Table des matières .....	V
Liste des figures .....	IX
Liste des tableaux .....	XII
Liste des abréviations et symboles .....	XIII
<b>1. Introduction .....</b>	<b>1</b>
1.1. Introduction au projet .....	1
1.2. Contexte géographique et accès .....	1
1.3. Objectifs du projet de recherche .....	2
1.4. Problématique .....	3
1.5. Méthodologie .....	3
1.5.1. Travaux de terrain .....	3
1.5.2. Étude pétrographique .....	6
1.5.3. Les analyses .....	6
1.5.4. Traitement des données, interprétation et rédaction .....	7
1.5.5. Rédaction et organisation du manuscrit .....	7
1.6. Travaux antérieurs .....	9
<b>2. Contexte géologique .....</b>	<b>11</b>
2.1. Localisation géologique de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk .....	11
2.2. La partie sud-est de la Province de Churchill dans l'Orogenèse Transhudsonienne .....	11
2.3. Géologie régionale .....	15
2.4. Géologie locale .....	16
2.4.1. La Zone Noyau .....	17
2.4.2. Le Couloir de Déformation de Blumath .....	22
2.4.3. L'Orogène des Torngat .....	22
2.5. Géologie structurale et métamorphisme .....	24
2.5.1. L'Orogène des Torngat .....	25
2.5.2. La Zone Noyau .....	26
2.5.3. L'Orogène du Nouveau-Québec .....	26
<b>3. Géologie de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk .....</b>	<b>29</b>
3.1. Classification des roches ultramafiques .....	29
3.1.1. Des cumulats et/ou des résidus? .....	31

3.2. Les roches ultramafiques .....	32
3.2.1. Les péridotites .....	33
3.2.2. Les pyroxénites .....	37
3.3. Les roches mafiques .....	39
3.3.1. Les gabbros .....	39
3.3.2. Les amphibolites .....	40
3.4. Nature des contacts avec les roches encaissantes .....	41
3.4.1. Le Groupe de Lake Harbour .....	43
<b>4. Textures et analyse structurale .....</b>	<b>47</b>
4.1. Textures primaires .....	47
4.1.1. Observations à l'échelle de l'affleurement .....	47
4.1.2. Observations en lame mince .....	49
4.2. Textures et structures secondaires .....	51
4.2.1. Observations à l'échelle de l'affleurement .....	51
4.2.2. Observations en lame mince .....	52
4.3. Textures d'origine incertaine .....	55
4.4. Géologie structurale .....	57
<b>5. Géochimie sur roche totale .....</b>	<b>61</b>
5.1. Méthodes analytiques .....	61
5.2. Diagrammes de variation des éléments majeurs et mineurs .....	61
5.3. Diagrammes des terres rares .....	64
5.4. Diagrammes des éléments traces .....	65
5.5. Diagrammes des Éléments du Groupe de Platine .....	69
<b>6. Chimie minérale des minéraux silicatés et des oxydes .....</b>	<b>75</b>
6.1. Méthodes analytiques .....	75
6.1.1. Microsonde électronique .....	75
6.1.2. LA-ICP-MS .....	75
6.2. Minéraux primaires .....	76
6.2.1. Olivine .....	76
6.2.2. Pyroxène .....	78
6.2.3. Spinelles .....	85
6.2.4. Ilménite .....	91
6.2.5. Plagioclase .....	94
6.3. Minéraux secondaires .....	96
6.3.1. Serpentine .....	96
6.3.2. Amphibole .....	99
6.3.3. Chlorite .....	106
6.3.4. Grenat .....	108

<b>7. Potentiel économique</b>	111
7.1. Les sulfures	111
7.2. Les Éléments du Groupe du Platine	114
<b>8. Métamorphisme</b>	117
8.1. Introduction	117
8.2. Les roches ultramafiques de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk	117
8.3. Les roches mafiques de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk	120
8.4. Les roches métasédimentaires du Groupe de Lake Harbour	122
8.5. Trajectoire P-T des roches à proximité de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk	125
8.6. Possible trajectoire P-T des roches de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk	128
<b>9. Discussion, la nature des roches</b>	131
9.1. Classification selon la problématique du projet	131
9.2. Chimie minérale et nomenclature des roches	131
9.3. Contexte géologique – affinité magmatique	136
9.3.1. Les olivines sont-elles en équilibre avec le liquide primaire ?	137
9.3.2. Le contexte géotectonique selon la composition des spinelles chromifères	140
9.3.3. Le contexte géotectonique selon les terres rares et les éléments traces	143
9.4. Pétrogenèse de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk	147
9.5. L’hypothèse d’une ophiolite : les arguments en faveur et en défaveur	149
9.5.1. Arguments en faveur	149
9.5.2. Arguments en défaveur	151
9.6. Nomenclature des assemblages : suite, complexe ou séquence ?	151
<b>10. Conclusions</b>	155
<b>11. Références</b>	159
 <b>ANNEXES</b>	 171
<b>Annexe 1</b>	173
<b>Annexe 2</b>	183
<b>Annexe 3</b>	195
<b>Annexe 4</b>	229
<b>Annexe 5</b>	243
<b>Annexe 6</b>	247
<b>Annexe 7</b>	251

<b>Annexe 8</b> .....	255
-----------------------	-----

## Liste des figures

Figure 1.1. Carte de localisation de la zone d'étude de ce projet .....	2
Figure 2.1. Localisation géographique et géologie de la partie sud-est de la Province de Churchill .....	12
Figure 2.2. Diagramme sommaire de l'évolution tectonique du sud-est de la Province de Churchill .....	14
Figure 2.3. Géologie simplifiée de la partie sud-est de la Province de Churchill .....	16
Figure 2.4. Carte géologique de la zone d'étude montrant la géologie détaillée d'une partie de la région du Lac Henrietta .....	18
Figure 2.5. Photos des affleurements de la Zone Noyau et de l'Orogène des Torngat .....	23
Figure 3.1. Diagrammes binaires : (A) $\text{SiO}_2$ vs $\text{MgO}$ ; (B) $\text{Fe}_2\text{O}_3$ vs $\text{MgO}$ ; (C) $\text{TiO}_2$ vs $\text{MgO}$ (D) $\text{CaO}$ vs $\text{MgO}$ ; (E) $\text{Al}_2\text{O}_3$ vs $\text{MgO}$ ; (F) $\text{Na}_2\text{O}$ vs $\text{MgO}$ .....	30
Figure 3.2. Diagramme ternaire du contenu en $\text{MgO}$ – $\text{Al}_2\text{O}_3$ – $\text{CaO}$ des roches de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk .....	31
Figure 3.3. Diagramme ternaire clinopyroxène – olivine – orthopyroxène des roches ultramafiques .....	32
Figure 3.4. Photos des affleurements et des lames minces des harzburgites .....	35
Figure 3.5. Photos des affleurements et des lames minces des lherzolites .....	36
Figure 3.6. Photos des affleurements et des lames minces des webstérites à olivine .....	38
Figure 3.7. Photos des affleurements et des lames minces des webstérites .....	39
Figure 3.8. Photos des affleurements et des lames minces des gabbros .....	40
Figure 3.9. Photos des affleurements et des lames minces des amphibolites .....	41
Figure 3.10. Photos de l'affleurement RPP-01-14 .....	42
Figure 3.11. Photos des affleurements et des lames minces des amphibolites basaltiques .....	44
Figure 3.12. Photos des affleurements et des lames minces des paragneiss .....	45
Figure 3.13. Photos des affleurements et des lames minces des quartzites .....	46
Figure 4.1. Photos de l'affleurement RPP-04-14 .....	47
Figure 4.2. Photos de l'affleurement RPP-124-14 .....	48
Figure 4.3. Photos des faciès à textures de cumulats .....	49
Figure 4.4. Photos des textures primaires en lame mince .....	50
Figure 4.5. Photos de l'affleurement RPP-65-14 .....	51
Figure 4.6. Photos des l'affleurements RPP-01-A-14 (A) et RPP-145-14 (B) .....	52
Figure 4.7. Photos des l'affleurements RPP-51-14 (A) et RPP-145-14 (B) .....	52
Figure 4.8. Photos des textures secondaires en lame mince .....	54
Figure 4.9. Photos de la fabrique de déformation des roches de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk et du Groupe de Lake Harbour .....	56

Figure 4.10. Projections stéréographiques des données structurales .....	58
Figure 4.11. Photos des axes de plis observés sur le terrain .....	59
Figure 5.1. Diagrammes binaires : (A) $\text{Al}_2\text{O}_3$ vs $\text{MgO}$ ; (B) $\text{CaO}$ vs $\text{MgO}$ ; (C) $\text{TiO}_2$ vs $\text{MgO}$ ; (D) $\text{Cr}_2\text{O}_3$ vs $\text{MgO}$ ; (E) $\text{Na}_2\text{O}$ vs $\text{MgO}$ ; (E) $\text{MnO}$ vs $\text{MgO}$ .....	62
Figure 5.2. Corrélation positive entre le Zr et le $\text{TiO}_2$ .....	64
Figure 5.3. Profils des terres rares normalisées à la chondrite .....	67
Figure 5.4. Profils des éléments traces normalisés au manteau primitif .....	68
Figure 5.5. Contenu en Ni, ÉGP et Cu des roches de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk normalisé au manteau primitif .....	69
Figure 5.6. Diagrammes binaires : (A) Os vs $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ; (B) Ir vs $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ; (C) Os vs $\text{MgO}$ ; (D) Ir vs $\text{MgO}$ .....	72
Figure 5.7. Diagramme binaire entre l'Os et l'Ir .....	73
Figure 5.8. Diagrammes binaires : (A) Ru vs $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ; (B) Ru vs $\text{MgO}$ .....	73
Figure 6.1. Photos de l'échantillon RPP-43-14 (olivine) .....	76
Figure 6.2. Diagrammes binaires de la composition des olivines : (A) NiO vs Fo; (B) MnO vs Fo .....	78
Figure 6.3. Photos des orthopyroxènes .....	79
Figure 6.4. Diagrammes binaires de la composition des orthopyroxènes : (A) $\text{Al}_2\text{O}_3$ vs Mg#; (B) MnO vs Mg#; (C) CaO vs Mg#; (D) $\text{Cr}_2\text{O}_3$ vs Mg#; (E) $\text{TiO}_2$ vs Mg#; (F) NiO vs Mg# .....	82
Figure 6.5. Diagramme binaire du $\text{Fe}^{2+}\#$ vs le pourcentage de wollastonite des orthopyroxènes des roches ultramafiques de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk .....	83
Figure 6.6. Photos des clinopyroxènes .....	83
Figure 6.7. Classification Enstatite (Mg) – Ferrosilite (Fe) – Wollastonite (Ca) des compositions des pyroxènes de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk.....	85
Figure 6.8. Photos des spinelles .....	86
Figure 6.9. Diagramme ternaire $\text{Fe}^{3+}$ -Cr-Al des compositions des spinelles de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk.....	87
Figure 6.10. Diagrammes binaires Cr# vs Mg# des spinelles de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk .....	88
Figure 6.11. Diagrammes binaires Cr# vs Mg# (A) vs Cr# et $\text{TiO}_2$ (B) des spinelles chromifères de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk.....	89
Figure 6.12. Diagramme binaire Cr# vs Mg# des hercynites de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk .....	90
Figure 6.13. Photos d'ilménites .....	91
Figure 6.14. Diagrammes binaires de la composition des ilménites : (A) $\text{TiO}_2$ vs FeO; (B) $\text{TiO}_2$ vs $\text{MgO}$ ; (C) $\text{TiO}_2$ vs $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; (D) $\text{TiO}_2$ vs $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .....	93
Figure 6.15. Photos des plagioclases .....	94



Figure 6.16. Contenu en anorthite des plagioclases des roches mafiques de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk et des roches mafiques et des métasédiments du Groupe de Lake Harbour .....	96
Figure 6.17. Photos des serpentines .....	97
Figure 6.18. Diagrammes binaires de la composition des serpentines : (A) FeO vs MgO; (B) Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> vs MgO; (C) NiO vs MgO; (D) MnO vs MgO .....	98
Figure 6.19. Diagramme binaire du contenu en Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> vs Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> des serpentines .....	99
Figure 6.20. Classification des amphiboles calciques .....	100
Figure 6.21. Classification des amphiboles ferro-magnésiennes .....	100
Figure 6.22. Photos des amphiboles calciques .....	101
Figure 6.23. Diagrammes binaires de la composition des amphiboles calciques : (A) Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> vs MgO; (B) CaO vs MgO; (C) Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> vs MgO; (D) Na <sub>2</sub> O vs MgO; (E) NiO vs MgO; (F) TiO <sub>2</sub> vs MgO .....	104
Figure 6.24. Diagramme binaire de la composition des amphiboles calciques : MnO vs MgO .....	105
Figure 6.25. Photos des amphiboles ferro-magnésiennes .....	106
Figure 6.26. Photos des chlorites .....	107
Figure 6.27. Diagramme de classification des chlorites .....	107
Figure 6.28. Photos des grenats .....	108
Figure 7.1. Photos de la minéralisation sulfurée des roches de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk et du Groupe de Lake Harbour .....	113
Figure 7.2. Diagrammes binaires : (A) Ni vs MgO; (B) Ni vs S; (C) Cu vs S; (D) Zn vs S.....	114
Figure 7.3. Diagrammes binaires : (A) Os vs S; (B) Ir vs S; (C) Ru vs S; (D) Rh vs S; (E) Pt vs S; (F) Pd vs S .....	115
Figure 8.1. Grille pétrogénétique pour les roches ultramafiques saturées en H <sub>2</sub> O dans le système CaO – MgO – SiO <sub>2</sub> (CMSH) .....	118
Figure 8.2. Minéraux d'origine métamorphique observés en lame mince dans les roches ultramafiques de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk .....	120
Figure 8.3. Minéraux métamorphiques de température moyenne et haute et de pression typique des roches mafiques .....	121
Figure 8.4. Minéraux d'origine métamorphique observés en lame mince dans les roches mafiques de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk .....	122
Figure 8.5. Minéraux typiques des faciès métamorphiques formés à des températures et des pressions moyennes à élevées des roches sédimentaires .....	123
Figure 8.6. Minéraux d'origine métamorphique observés en lame mince dans les roches métasédimentaires du Groupe de Lake Harbour .....	124
Figure 8.7. Parcours P-T des Complexes du lac Lomier et de Sukaliuk (Orogène des Torngat) et du Groupe de Lake Harbour (Zone Noyau) .....	126
Figure 8.8. Photos des minéraux générés lors du métamorphisme prograde .....	127
Figure 9.1. Diagrammes binaires MgO vs Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> illustrant la composition chimique des minéraux observés en lame mince et la composition	

théorique approximative des minéraux absents pour les différentes roches de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk .....	133
Figure 9.2. Histogramme de fréquences qui présente différents intervalles du Mg# du liquide en équilibre avec les olivines des différentes lithologies de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk .....	138
Figure 9.3. Diagrammes binaires des contenus en NiO vs Fo (A), NiO vs Mg# (B) et Fo vs MnO (C) des olivines pour les roches de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk .....	139
Figure 9.4. Diagrammes binaires Cr# vs Mg# des spinelles de type chromite et de type hercynite .....	142
Figure 9.5. Diagramme binaire Cr# vs Mg# des spinelles en équilibre avec de l'olivine .....	143
Figure 9.6. Profils des terres rares normalisées à la chondrite des webstérites à olivine tardives, des amphibolites et des gabbros de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk et des amphibolites basaltiques du Groupe de Lake Harbour .....	144
Figure 9.7. Diagramme d'environnement géotectonique Zr/117 – Th – Nb/16 .....	145
Figure 9.8. Diagramme d'environnement géotectonique Th/Yb vs Nb/Yb .....	145
Figure 9.9. Profils des terres rares normalisées à la chondrite des webstérites à olivine tardives, des gabbros et des amphibolites de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk et des amphibolites basaltiques du Groupe de Lake Harbour et comparaison avec des basaltes tholéitiques d'île en arc .....	146
Figure 9.10. Modèle d'évolution de la Zone Noyau entre 1,91 et 1,85 Ga .....	148
Figure 9.11. Contenu en Ni, ÉGP et Cu des roches mantelliques de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk normalisé au manteau primitif .....	149
Figure 9.12. Profils des terres rares normalisées à la chondrite des harzburgites qui montrent un enrichissement en terres rares légères par rapport au <i>Depleted MORB Mantle</i> .....	151

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Résumé des caractéristiques des principaux assemblages de roches mafiques-ultramafiques .....	4
Tableau 2 : Indice Phiroda .....	112

## Liste des abréviations et symboles

### Généraux

- Acc : Accumulation
- BAB : Basaltes d'arrière-arc
- Bon : Boninite
- CDB : Couloir de Déformation de Blumath
- CF : Cristallisation fractionnée
- C1 : Chondrite du type CI
- DMM : *Depleted MORB Mantle*
- ÉGP : Éléments du Groupe du Platine
- ÉGPI : Éléments du Groupe du Platine de la famille de l'Iridium (Os, Ir, Ru)
- ÉGPP : Éléments du Groupe du Platine de la famille du Palladium (Rh, Pt, Pd)
- E-MORB : *Enriched mid-ocean ridge basalt*
- GLH : Groupe du Lake Harbour
- HREE : Terres rares lourdes
- HSFE : Éléments à énergie d'ionisation élevée
- LabMaTer : Laboratoire des Matériaux Terrestres
- LILE : Éléments lithophiles à large rayon ionique
- LIPs : *Large Igneous Provinces*
- LREE : Terres rares légères
- MERN : Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec
- MOR : *Mid-ocean ridge*
- MORB : *Mid-ocean ridge basalt*
- MP : Manteau primitif
- N-MORB : *Normal mid-ocean ridge basalt*
- OIB : *Ocean island basalt*
- PAA : Péridotites avant-arc
- PAB : Péridotites abyssales
- P-T : Pression-température
- REE : Terres rares
- SEPC : Sud-est de la Province de Churchill
- SIGÉOM : Système d'information géominière du Québec
- SMUN : Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk
- SMV : Sulfures Massifs Volcanogènes
- SNRC : Système National de Référence Cartographique
- UQAC : Université du Québec à Chicoutimi

### Analyses

- FUS-ICP : Fusion-Inductively Coupled Plasma
- FUS-MS : Fusion-Mass Spectrometer
- INAA : Instrumental Neutron Activation Analyses
- LA-ICP-MS : Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer

- NiS-FA : Pyro-analyses au sulfure de Ni
- TD-ICP : Total Digestion-Inductively Coupled Plasma
- s.l.d. : Sous la limite de détection

### ***Minéraux***

- |                       |                              |
|-----------------------|------------------------------|
| - Amp : Amphibole     | - Kfs : Feldspath potassique |
| - Ap : Apatite        | - Mnz : Monazite             |
| - Atg : Antigorite    | - Ms : Muscovite             |
| - Ath : Antophyllite  | - Mt : Magnétite             |
| - Brc : Brucite       | - Ol : Olivine               |
| - Bt : Biotite        | - Opx : Orthopyroxène        |
| - Cc : Calcite        | - Ox : Oxyde                 |
| - Chl : Chlorite      | - Pl : Plagioclase           |
| - Chr : Chromite      | - Pnt : Pentlandite          |
| - Cpx : Clinopyroxène | - Po : Pyrrhotite            |
| - Cpy : Chalcopyrite  | - Prg : Pargasite            |
| - Crs : Chrysotile    | - Py : Pyrite                |
| - Di : Diopside       | - Qtz : Quartz               |
| - Dol : Dolomite      | - Rt : Rutile                |
| - Ep : Épidote        | - Sil : Sillimanite          |
| - Fo : Forstérite     | - Srp : Serpentine           |
| - Gr : Graphite       | - Sul : Sulfure              |
| - Grt : Grenat        | - Tlc : Talc                 |
| - Hbl : Hornblende    | - Tr : Trémolite             |
| - Hcn : Hercynite     | - Ttn : Titanite             |
| - Hz : Harzburgite    | - Zr : Zircon                |
| - Ilm : Ilménite      |                              |

### ***Métamorphisme***

- CMSH : Système CaO-MgO-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O
- MASH : Système MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O
- MSH : Système MgO-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O

#### **Faciès :**

- A : Amphibolites
- C-AbEp : Cornéennes à albite et épidote
- C-Hbl : Cornéennes à hornblende
- C-Px : Cornéennes à pyroxène
- C-Sa : Cornéennes à sanidine
- E : Éclogites
- G : Granulites
- PP : Prehnite-pumpellyite
- SB : Schistes bleus
- SV : Schistes verts
- Z : Zéolites





# CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

## 1.1. Introduction au projet

Le projet de maîtrise intitulé “La Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk : une nouvelle séquence ophiolitique dans l’arrière-pays de la Zone Noyau, partie sud-est de la Province de Churchill (Québec)” est intégré à l’intérieur du projet de cartographie géologique de la région du Lac Henrietta (feuilles SNRC 24H10 et 24H15) du Ministère de l’Énergie et des Ressources naturelles du Québec (MERN). Ce projet vise à caractériser la pétrologie et la géochimie de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk (SMUN).

Ce travail de recherche est intéressant d’une perspective économique. Les roches mafiques et ultramafiques sont parfois hôtes de ressources minérales d’une grande importance dans notre monde industrialisé telles que des minéralisations de Ni-Cu-Éléments du Groupe du Platine (ÉGP) et de Cr.

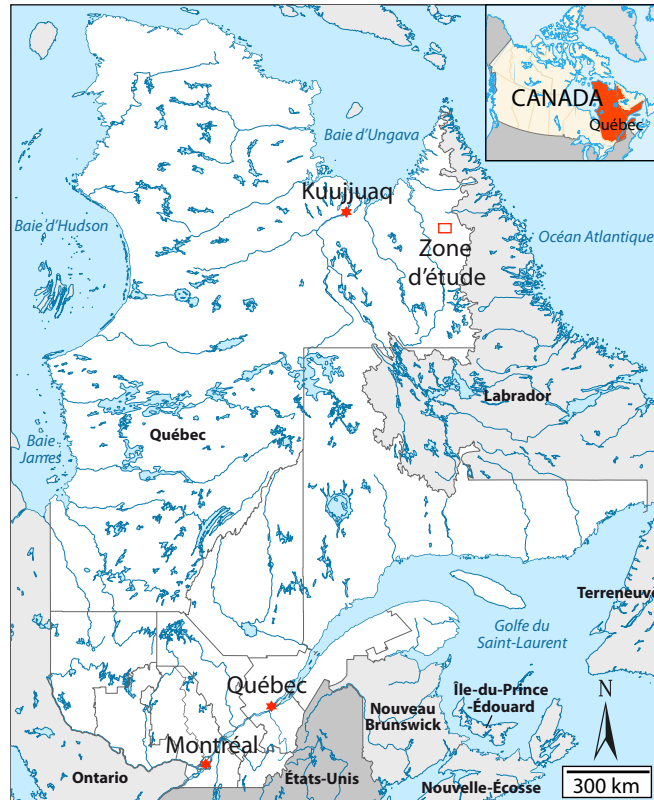
## 1.2. Contexte géographique et accès

La SMUN est localisée approximativement à 200 km à l’est du village de Kuujuaq, dans la région du Nord du Québec (figure 1.1). La principale zone d’étude se retrouve entre les latitudes 64°40’39,06’’ et 64°36’17,37’’N et les longitudes 57°49’46,32’’ et 57°45’21,65’’O (feuilles 24H10 et 24H15), sur une superficie d’environ 24 km de longueur x 12 km de largeur.

L’accès à la région est limité au transport aérien puisqu’il s’agit d’une région isolée sans infrastructure. Pour accéder à la SMUN, l’aide d’un hélicoptère a été nécessaire à partir du camp de base, le camp Wedge Hill. Ce dernier était localisé sur la rive est de la rivière George (57°11’55,60’’N, 65°18’52,20’’O), à environ 100 km au sud-ouest de la zone d’étude. L’éloignement du camp et le transport par hélicoptère sont des facteurs limitant pour l’étude de la région.

La région est caractérisée par une végétation de type toundra et des changements météorologiques importants au cours de la journée. La température moyenne de l’été ne dépasse généralement pas les 15°C. La topographie typique se présente sous la forme de reliefs peu abrupts, avec des morphologies douces ou vallonnées associées à la dernière période glaciaire du Pléistocène. Les affleurements sont peu abondants dans la région, avec

environ 25% de surface exposée. Par contre, les champs de blocs sont très nombreux comme conséquence du modelage glaciaire. La SMUN est caractérisée par un relief plus prononcé par rapport aux alentours et les affleurements forment des crêtes généralement de direction nord-sud.



**Figure 1.1.** Carte de localisation de la zone d'étude, située à environ 200 km à l'est de Kuujuaq.

### 1.3. Objectifs du projet de recherche

Ce projet de maîtrise se propose de répondre, par la caractérisation pétrographique et géochimique des roches de la SMUN, aux deux objectifs principaux qui sont :

- 1) Identifier la nature des roches de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk et préciser leur contexte de mise en place.
- 2) Évaluer le potentiel économique de cette suite de roches.



#### **1.4. Problématique**

Dans le but de préciser la nature des roches de la SMUN et d'en évaluer le potentiel économique, un résumé des caractéristiques des principaux assemblages de roches mafiques-ultramafiques est présenté au tableau 1. Ce tableau permet de faire une première évaluation des possibles contextes géologiques dans lesquels ont pu se former les roches de la SMUN.

##### ***1. Assemblages de roches mafiques-ultramafiques effusives***

- i) Les komatiites et les basaltes komatiitiques;
- ii) Les basaltes de plateau continental associés aux “*large igneous provinces*”

##### ***2. Assemblages de roches mafiques-ultramafiques plutoniques***

- iii) Les intrusions litées associés aux “*large igneous provinces*”
- iv) Les complexes troctolitiques-anorthositiques
- v) Les complexes ophiolitiques
- vi) Les complexes Ouraliens-Alaskéens

#### **1.5. Méthodologie**

Afin d'atteindre les objectifs qui ont été fixés pour ce projet de maîtrise, la méthodologie a été divisée en quatre étapes :

##### ***1.5.1. Travaux de terrain***

Les travaux de terrain ont été effectués lors de deux campagnes de terrain au cours des étés 2013 et 2014. La campagne de terrain de 2013 fait partie du projet de cartographie de la région du Lac Henrietta du MERN. La campagne de terrain de 2014 fait partie intégrante de ce projet de maîtrise. Cette dernière, d'une durée de 12 jours distribués tout au long de l'été, a permis de visiter 48 affleurements, d'effectuer plus de 150 points d'observation et de récolter 95 échantillons (annexe 1).

La cartographie de 2014 a permis de faire des observations sur les affleurements de roches ultramafiques et de roches mafiques de la SMUN ainsi que sur les roches sédimentaires et ignées métamorphisées des alentours. La cartographie des roches de la SMUN a été effectuée de façon détaillée afin d'atteindre les objectifs de ce projet (lithologies, textures, structures, dimension des corps). La cartographie des roches des

**Tableau 1.** Résumé des caractéristiques des principaux assemblages de roches mafiques-ultramafiques et leurs gisements associés (modifié de Pedreira Pérez, 2015).

Assemblage de roches mafiques-ultramafiques	Lithologies	Caractéristiques discriminatoires	Contenu en Fo des olivines	Contenu en NiO des olivines (wt%)
<b>Komatiites et basaltes komatiitiques</b>	Péridotites; dans les coulées différenciées pyroxénites et gabbros	> 18 wt% MgO <sup>1</sup> 6-18 wt% MgO <sup>2</sup> texture spinifex <sup>1,2</sup>	Fo <sub>94</sub> .Fo <sub>90</sub> <sup>1</sup> Fo <sub>88</sub> -Fo <sub>85</sub> <sup>2</sup>	0,49 <sup>1</sup> 0,12 <sup>2</sup>
<b>Basaltes de Plateau Continental-LIPs</b>	Basaltes (90-95%), rhyolites, picrites	Grande épaisseur et important volume de basaltes	Fo <sub>92</sub> .Fo <sub>86</sub> (picrites)	0,14 – 0,40 (picrites)
<b>Intrusions litées-LIPs</b>	Péridotites, chromitites, pyroxénites, gabbros, anorthosites	Grand volume de magmas, intrusion de grandes dimensions, litage rythmique	Fo <sub>88</sub> .Fo <sub>85</sub>	0,18 – 0,33 (dunites)
<b>Complexes troctolitiques-anorthositiques</b>	Gabbros, troctolites, anorthosites	Troctolite – anorthosite	Fo <sub>80</sub> .Fo <sub>72</sub> (mélatroctolite)	0,18 – 0,38 (mélatroctolite)
<b>Complexes ophiolitiques</b>	Basaltes, gabbros, pyroxénites, péridotites	Séquence ophiolitique: basaltes en coussins, complexe de dykes, gabbros lités, cumulats ultramafiques, harzburgites tectonisées	MORB: Fo <sub>85</sub> -Fo <sub>89</sub> Boninites: Fo <sub>87</sub> -Fo <sub>93,4</sub> Manteau (Hz): Fo <sub>90</sub> -Fo <sub>92</sub>	MORB: 0,19 – 0,36 Boninites: 0,16 – 0,43 Manteau (Hz): 0,35 – 0,44
<b>Complexes Ouraliens-Alaskéens</b>	Péridotites, chromitites, clinopyroxénites, hornblendites	Morphologie parfois concentrique, dominés par olivine + clinopyroxène et absence d'orthopyroxène	Fo <sub>86,3</sub> -Fo <sub>91,2</sub> (dunites)	0,30 (dunites)

<sup>1</sup> Komatiites

<sup>2</sup> Basaltes komatiitiques

<sup>3</sup> Large Igneous Provinces

<sup>4</sup> Mid-ocean ridges

<sup>5</sup> Boninites

**Tableau 1.** Suite.

<b>Assemblage de roches mafiques-ultramafiques</b>	<b>Contexte géologique</b>	<b>Affinité géochimique</b>	<b>Âge des gisements</b>	<b>Gisements: exemples</b>
<b>Komatiites et basaltes komatiitiques</b>	Principalement associés aux ceintures de roches vertes	Komatiitique <sup>1</sup> Basalte komatiitique <sup>2</sup>	Archéen – Paléoproterozoïque	<b>Ni-Cu(-EGP):</b> Kambalda <sup>1</sup> (Australie), Raglan <sup>2</sup> (Canada)
<b>Basaltes de Plateau Continental-LIPs<sup>3</sup></b>	Plumes (rift intracontinental, marge continentale)	Tholéitique, alcaline	Mésoproterozoïque – Triassique (1100 – 250 Ma)	<b>Ni-Cu-EGP:</b> Noril'sk-Talnakh (Russie)
<b>Intrusions litées-LIPs</b>	Plumes (rift intracontinental, marge continentale)	Tholéitique, alcaline	Archéen – Cénozoïque	<b>Ni-Cu-EGP-Cr-Fe-Ti-V:</b> Bushveld (Afrique du Sud)
<b>Complexes troctolitiques-anorthositiques</b>	Plumes (magmatisme anorogénique)	Tholéitique	Mésoproterozoïque (1500 - 1300 Ma)	<b>Ni-Cu(±EGP):</b> Voisey's Bay (Canada)
<b>Complexes ophiolitiques</b>	MOR <sup>4</sup> , extension avant-arc et arrière-arc en zones de subduction <sup>5</sup>	Tholéitique, boninitique	Toutes les époques	<b>Cr(±EGP):</b> Thetford Mines (Canada)
<b>Complexes Ouraliens-Alaskéens</b>	Zones de subduction, contexte intracontinental	Alcaline	Toutes les époques, la plupart entre 460 – 20 Ma	<b>Cr-EGP:</b> Duke Island (USA)

<sup>1</sup>Komatiites

<sup>2</sup> Basaltes komatiitiques

<sup>3</sup> Large Igneous Provinces

<sup>4</sup> Mid-ocean ridges

<sup>5</sup> Boninites

alentours a été réalisée afin de vérifier la nature des contacts et de reconnaître les possibles interactions entre les roches de la SMUN et les unités lithologiques environnantes.

### ***1.5.2. Étude pétrographique***

La caractérisation pétrographique des roches de la SMUN a été effectuée lors des études macroscopique des échantillons récoltés et microscopique sur des lames minces polies (lumière transmise et réfléchie). Ces études visent à :

- i) Décrire la minéralogie primaire et secondaire (silicates, oxydes et sulfures) ainsi que les textures et le degré d'altération.
- ii) Évaluer la composition modale des assemblages primaires afin de bien caractériser les roches étudiées et reconnaître les protolithes.
- iii) Estimer les conditions métamorphiques subies par les roches.
- iv) Sélectionner les cibles pour les analyses de la chimie minérale.

### ***1.5.3. Les analyses***

#### ***1.5.3.1. Roche totale***

Les analyses lithogéochimiques des éléments majeurs, mineurs, traces et des métaux précieux ont été réalisées dans le but de connaître leurs concentrations. Ceci permettra de confirmer et de préciser l'identification des différentes lithologies initialement basée sur les observations pétrographiques et l'affinité géochimique de ces roches. Les analyses des métaux précieux nous permettront de vérifier si les roches qui composent la SMUN ont un réel potentiel économique.

Les données provenant des analyses lithogéochimiques serviront à :

- i) Identifier l'affinité géochimique des magmas à l'origine des roches étudiées (i.e., les données des terres rares).
- ii) Vérifier le lien génétique entre les différentes masses de roches composant la SMUN (i.e., diagramme binaire d'éléments traces incompatibles).
- iii) Mettre en évidence différents processus géologiques (i.e., cristallisation fractionnée).

#### ***1.5.3.2. Microsonde électronique***

Les analyses à la microsonde électronique serviront à déterminer les concentrations en éléments majeurs et mineurs des minéraux primaires et secondaires afin de:

- i) Préciser la nature des phases minérales présentes (i.e., le contenu en Fo des olivines, ou le contenu en En-Wo-Fs des pyroxènes, le Cr# des spinelles, ou encore le contenu en An des plagioclases, etc.).
- ii) Connaître la gamme de compositions des minéraux et les variations de composition pour préciser certains processus géologiques qui pourraient être impliqués (i.e., cristallisation fractionnée).
- iii) Préciser la nature des phases secondaires afin de préciser les conditions métamorphiques.
- iv) Déterminer le contexte géologique de formation grâce à des diagrammes discriminants (i.e., Cr# vs Mg# des spinelles), ou encore d'estimer la nature des magmas parentaux à partir d'équations empiriques (i.e., avec le contenu en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> des spinelles; Maurel et Maurel, 1982).
- v) Vérifier si le liquide silicaté s'est équilibré avec une liquide sulfuré en utilisant le contenu en Ni des olivines (Fleet et al., 1977).

#### ***1.5.3.3. LA-ICP-MS***

Les analyses par LA-ICP-MS serviront à déterminer les concentrations en éléments mineurs et traces des phases silicatées et des oxydes. Les données obtenues seront comparées à des données de la littérature. Les analyses des chromites pourront aussi servir à préciser la nature des magmas parentaux (Pagé et Barnes, 2013).

#### ***1.5.4. Traitement des données, interprétation et rédaction***

Les données seront ensuite traitées puis interprétées afin d'atteindre les objectifs de ce projet de maîtrise et ainsi rédiger un mémoire ou un article scientifique à soumettre pour sa publication dans une revue spécialisée.

#### ***1.5.5. Rédaction et organisation du manuscrit***

Ce mémoire de maîtrise est divisé en 10 chapitres et comprend 7 annexes.

Le chapitre 1 est constitué d'une brève introduction au projet et permet de localiser le site de l'étude. Ensuite les objectifs, la problématique, la méthodologie et l'organisation

du mémoire sont exposés. Le chapitre se termine par une revue des travaux antérieurs sur la région.

Le chapitre 2 comprend une introduction sur la partie sud-est de la Province de Churchill, où la SMUN est localisée. Une idée générale de la géologie régionale est exposée suivie d'une description détaillée de la géologie locale de la Zone Noyau, du Couloir de Déformation de Blumath et de l'Orogène des Torngat. Un résumé de la géologie structurale et du métamorphisme de la Province de Churchill sud-est conclut ce chapitre.

Le chapitre 3 comprend la classification et la description des roches ultramafiques et mafiques qui composent la SMUN. Ce chapitre inclut une brève description des roches des alentours (roches sédimentaires et ignées métamorphisées). Le chapitre finit avec le métamorphisme subi par les roches de la SMUN et du GLH.

Le chapitre 4 est constitué d'une description des textures d'origine magmatique et d'origine métamorphique ou tectonique observées sur les affleurements ainsi qu'en lame mince. La géologie structurale est également décrite dans ce chapitre.

Le chapitre 5 est constitué d'une description de la géochimie sur roche totale. Ce chapitre décrit les méthodes d'analyses des éléments majeurs, mineurs, traces et des ÉGP. Des diagrammes de variation des éléments majeurs et mineurs, des diagrammes des terres rares, des éléments traces et des ÉGP sont présentés et décrits.

Le chapitre 6 est constitué d'une description de la chimie minérale. De façon similaire au chapitre 5, une description des méthodes analytiques est présentée. Deux groupes de minéraux sont décrits : i) les minéraux primaires et ii) les minéraux secondaires.

Le chapitre 7 porte sur un des objectifs du projet : le potentiel économique des roches de la SMUN. Dans ce chapitre une description de la minéralisation sulfurée observée dans ces roches et de leur contenu en ÉGP est présentée.

Le chapitre 8 comprend le métamorphisme des roches mafiques-ultramafiques de la SMUN et des roches mafiques et sédimentaires du Groupe du Lake Harbour.

Le chapitre 9 comprend la discussion, qui constitue l'autre objectif du projet : la nature des roches de la SMUN. Le chapitre débute avec la classification selon la problématique du projet. Les principaux éléments de la discussion de ce chapitre visent à déterminer le contexte géologique et la pétrogénèse de la SMUN, qui seront traitées en détails. Ce chapitre conclut avec une nouvelle proposition de nomenclature pour la SMUN.

Le chapitre 10 est constitué de deux parties. La première comprend les conclusions générales de ce projet de maîtrise. La deuxième partie comprend les perspectives futures du projet, donc des travaux à suivre qui aideront à une meilleure compréhension de ces roches.

L'annexe 1 contient le résumé des échantillons récoltés. Les annexes 2 et 3 contiennent les résultats d'analyses géochimiques sur roche totale et de la chimie minérale à la microsonde respectivement. L'annexe 4 contient les cartes géologiques du secteur étudié ainsi que les colonnes stratigraphiques. L'annexe 5 correspond à la datation U-Pb réalisée par la Commission Géologique du Canada. Les annexes 6, 7 et 8 correspondent aux résumés et aux affiches présentés aux congrès de Québec Mines des années 2014, 2015 et 2016 respectivement.

## **1.6. Travaux antérieurs**

Les travaux pionniers de cartographie géologique de la région ont été réalisés par la Commission Géologique du Canada (CGC) au cours des années 60. Ces travaux ont menés à la publication de plusieurs cartes à l'échelle 1/250 000 couvrant le nord-est du Québec et le nord du Labrador (Taylor, 1979), dont celles couvrant entièrement les feuillets 24H (Lafrance et al., 2015).

Verpaelt et al. (2000), dans la cartographie géologique réalisée en 1998 dans les régions de la rivière Koroc et de la rivière Hébron par le Ministère des Ressources naturelles du Québec, notent la présence de quatre types de roches ultramafiques : de la hornblendite, de la pyroxénite, de la péridotite et de la dunite. Le corps le plus important, d'environ 6 km de longueur et 0,50-1 km de largeur, présente un litage magmatique bien préservé où on y retrouve différents faciès de roches, passant graduellement de péridotites (harzburgite et lherzolite) à la base, surmontées de pyroxénites (webstérite à olivine), puis de gabbros. Ces roches sont homogènes et de granulométrie fine à moyenne. On y observe des veines de magnétite et de serpentine en relief positif ainsi que de fines disséminations de sulfures.

Récemment, des levés aéromagnétiques et spectrométriques couvrant l'ensemble de la région (Intissar et al., 2014) ont été réalisés dans le but de raffiner l'interprétation géologique et structurale de ce secteur. De plus, lors de la cartographie géologique réalisée en 2013, Lafrance et al. (2015) ont reconnu différents faciès de roches: des péridotites (avec

50 à 70% d'olivine de taille centimétrique), des pyroxénites (dominées par du clinopyroxène et entre 5 et 25% d'olivine) et des gabbros dans la zone d'étude. Les roches localisées aux alentours de la SMUN ont aussi été cartographiées. Ce sont principalement les métasédiments et les amphibolites basaltiques du Groupe de Lake Harbour et les gneiss tonalitiques et granitiques du Complexe d'Ungava, décrits par Lafrance et al. (2015).



## **CHAPITRE 2 : CONTEXTE GÉOLOGIQUE**

### **2.1. Localisation géologique de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk**

La Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk (SMUN) est localisée dans la partie sud-est de la Province de Churchill (SEPC). Cette province géologique est une des unités lithotectoniques de l'orogénèse Transhudsonienne, avec la Zone Reindeer et la marge du Supérieur (Corrigan et al., 2009). La partie SEPC est subdivisée en trois domaines qui sont, d'ouest en est : l'Orogène du Nouveau-Québec (ou Fosse du Labrador), la Zone Noyau et l'Orogène des Torngat. La Zone Noyau est séparée de l'Orogène des Torngat par une importante zone de déformation formant le Couloir de Déformation de Blumath (CDB). Cette structure sépare des terrains de grades métamorphiques contrastés, à l'ouest les terrains appartenant à la Zone Noyau sont au grade des schistes verts à amphibolites alors qu'à l'est du CDB, les terrains appartenant à l'Orogène des Torngat sont au faciès des granulites.

### **2.2. La partie sud-est de la Province de Churchill dans l'orogénèse Transhudsonienne**

Wardle et al. (2002) définissent la Zone Noyau, la zone d'intérêt, comme un microcontinent d'âge Archéen qui a suivi un processus de déformation et de remodelage tectonique au Paléoprotérozoïque lors de l'orogénèse Transhudsonienne (figure 2.1). Cette orogénèse est considérée comme l'évènement tectonique majeur au Paléoprotérozoïque en Amérique du Nord (Hoffman, 1981). L'orogénèse Transhudsonienne est un cycle qui a débuté avec l'ouverture de l'Océan Manikewan entre 2,07 et 1,92 Ga, suivie de sa fermeture pendant l'accrétion de plusieurs masses continentales pour former le supercontinent Nuna entre 2,0 et 1,8 Ga (Rogers et Santosh, 2002; Pesonen et al., 2003; Hou et al., 2008). L'orogénèse Transhudsonienne s'est terminée avec la collision entre le craton du Supérieur et la Zone Noyau du SEPC entre 1,82 et 1,77 Ga et la formation de l'Orogène du Nouveau-Québec (Corrigan et al., 2009).

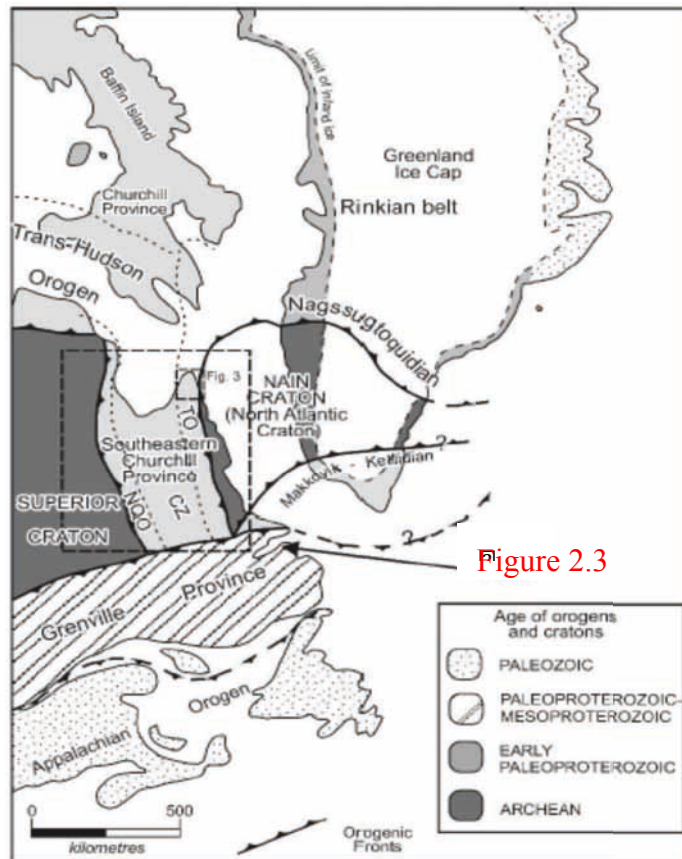


Figure 2.3

**Figure 2.1.** Localisation géographique et géologie de la partie sud-est de la Province de Churchill. CZ : Zone Noyau; TO : Orogène des Torngat; NQO : Orogène du Nouveau-Québec (Wardle et al., 2002). L'encadré en pointillé correspond à la figure 2.3.

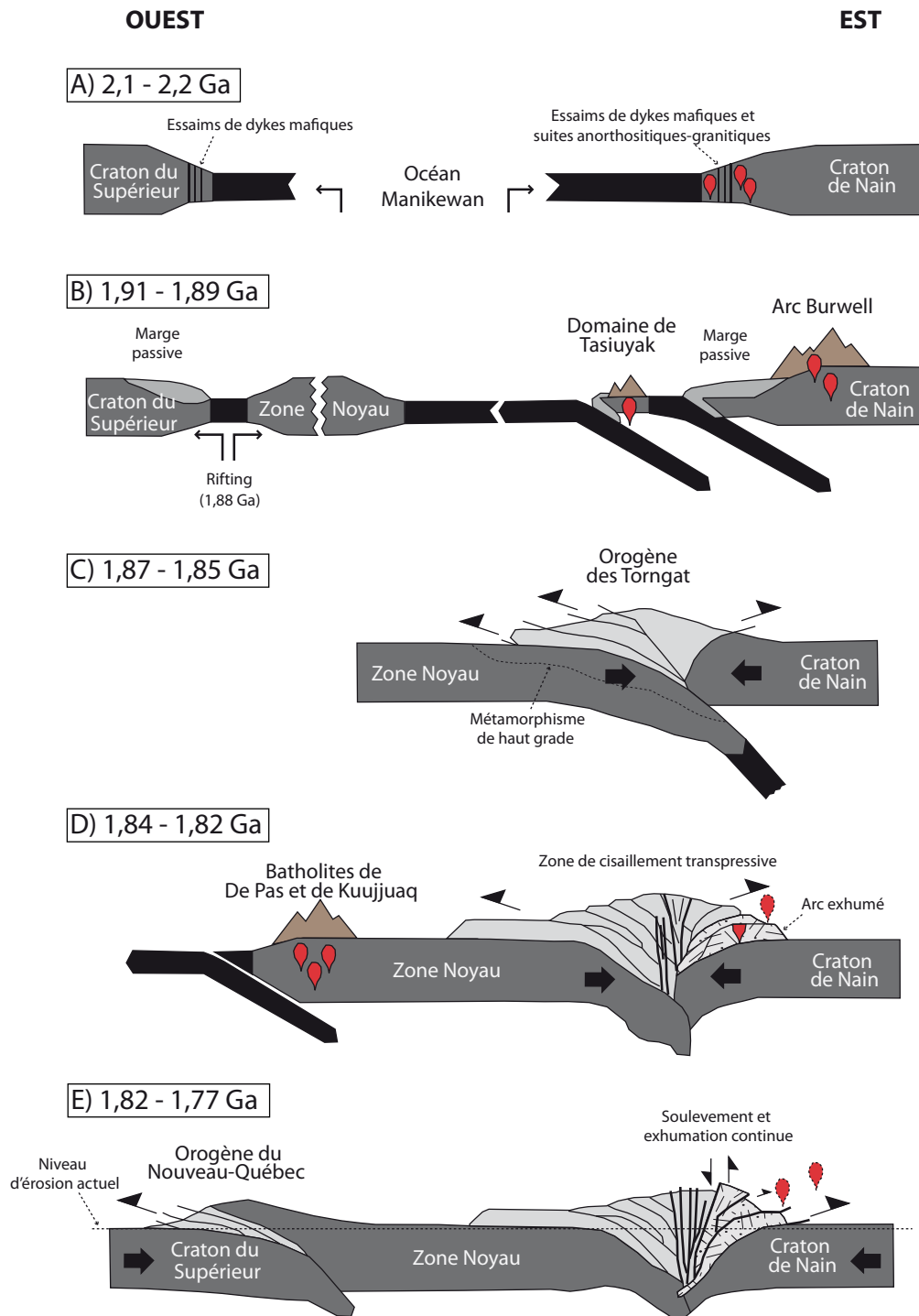
Lors de l'orogénèse Transhudsonienne, le SEPC a été développé tel que nous la connaissons actuellement. Selon Wardle et al. (2002), cinq stades tectoniques majeurs ont menés à la configuration actuelle de la partie SEPC dans le contexte de la collision entre les cratons de Nain et du Supérieur :

- I) La dérive des masses continentales qui a menée à l'ouverture du rift qui est à l'origine de l'Océan Manikewan au Paléoproterozoïque, entre 2,2 et 2,1 Ga (figure 2.2A). Cet événement est caractérisé par la présence d'essaims de dykes mafiques dans les cratons du Supérieur et de Nain ainsi que par la présence de suites anorthositiques-granitiques dans le craton de Nain.
- II) La subduction de la marge océanique est de la Zone Noyau sous le craton de Nain entre 1,91 et 1,89 Ga. À ce moment, les sédiments qui sont à l'origine du

Domaine de Tasiuyak commencèrent à s'accumuler sous la forme d'un prisme d'accrétion. Vers la fin de cet intervalle, un ou plusieurs arcs magmatiques pourraient être à l'origine du Domaine de Burwell et des plutons mises en place dans le Domaine de Tasiuyak. Un nouveau processus de rifting dans l'Océan Maniwekan situé entre le craton du Supérieur et la Zone Noyau aurait eu lieu à environ 1,88-1,87 Ga (Skulski et al., 1993; figure 2.2B).

- III) La collision entre le craton de Nain et la Zone Noyau, autour de 1,87-1,85 Ga a permis la formation de l'Orogène des Torngat (figure 2.2C). Ce processus impliqua le chevauchement du craton de Nain et de la croûte d'un arc juvénile sur la Zone Noyau.
- IV) La déformation transpressive senestre dans l'Orogène des Torngat eût lieu entre 1,84 et 1,82 Ga. Un événement granitique dans la marge ouest de la Zone Noyau provoqua la mise en place du batholite de De Pas (et du batholite de Kuujuaq) lors de la subduction de la croûte océanique de l'Océan Manikewan sous la Zone Noyau entre 1,84 et 1,81 Ga.
- V) La collision entre le craton du Supérieur et la Zone Noyau, à l'origine de l'Orogène du Nouveau-Québec eût lieu entre 1,82 et 1,77 Ga (figure 2.2E). Cette collision est associée à de la déformation en transpression dextre entre le craton du Supérieur et la Zone Noyau. Pendant cette période (entre 1,76 et 1,74 Ga), des granites de type A se sont mis en place à l'intérieur du craton de Nain. À partir de 1,74 Ga, l'architecture de la SEPC a été établie.

Wardle et al. (2002) considèrent le SEPC comme un bloc coincé entre deux orogénèses inhabituels formés à la suite de deux événements transpressifs de mouvement senestre (avec le craton de Nain) et dextre (avec le craton du Supérieur) et qui a permis l'accrétion de larges portions de masses cratoniques.



**Figure 2.2.** Diagramme sommaire de l'évolution tectonique du SEPC (modifiée de Wardle et al., 2002) : (A) Ouverture du rift qui est à l'origine de l'Océan Manikewan pendant l'intervalle 2,1-2,2 Ga. (B) Intervalle 1,91-1,89 Ga, subduction de la marge océanique est de la Zone Noyau sous le craton de Nain. (C) Intervalle 1,87-1,85 Ga, collision entre le craton de Nain et la Zone Noyau; formation de l'Orogène des Torngat. (D) Intervalle 1,84-1,82 Ga, subduction de la marge océanique est du craton du Supérieur sous la Zone Noyau. (E) Intervalle 1,82-1,77 Ga, collision entre le craton du Supérieur et la Zone Noyau; formation de l'Orogène du Nouveau-Québec.

### 2.3. Géologie régionale

Le sud-est de la Province de Churchill (SEPC) est délimité par les cratons de Nain à l'est, du Supérieur à l'ouest et par la Province de Grenville au sud (figure 2.1). Le SEPC a été formé à la suite des collisions obliques entre ces deux cratons et le microcontinent en ruban archéen de Churchill (Zone Noyau) lors de l'orogénèse Transhudsonienne.

La partie SEPC comprend trois ensembles géologiques d'est en ouest (figure 2.3) :

- I) Le domaine de l'Orogène des Torngat, formé par la collision entre le craton de Nain et la Zone Noyau (Van Kranendonk et Ermanovics, 1990). Les roches qui constituent l'Orogène des Torngat sont des gneiss et des granitoïdes à orthopyroxène au faciès des granulites d'âge paléoprotérozoïque.
- II) La Zone Noyau (antérieurement incluse dans la Province de Rae; Hoffman, 1990), est composée de gneiss archéens et de roches intrusives supracrustales d'âge paléoprotérozoïque déformées et métamorphisées au faciès des amphibolites (James et al., 1996). Ces roches sont recoupées au Paléoprotérozoïque par un batholite granitique et charnockitique s'étirant en direction nord-sud sur une distance d'environ 600 km, le batholite de De Pas (Wardle et al., 1990; Lafrance et al., 2015).
- III) Le domaine de l'Orogène du Nouveau-Québec (ou Fosse de Labrador), a été provoqué par la collision entre le craton du Supérieur et la Zone Noyau (Hoffman, 1990). Les roches prédominantes dans ce domaine sont les roches sédimentaires et ignées au faciès des schistes verts et des amphibolites d'âge paléoprotérozoïque (Rohon et al., 1993; Machado et al., 1997).



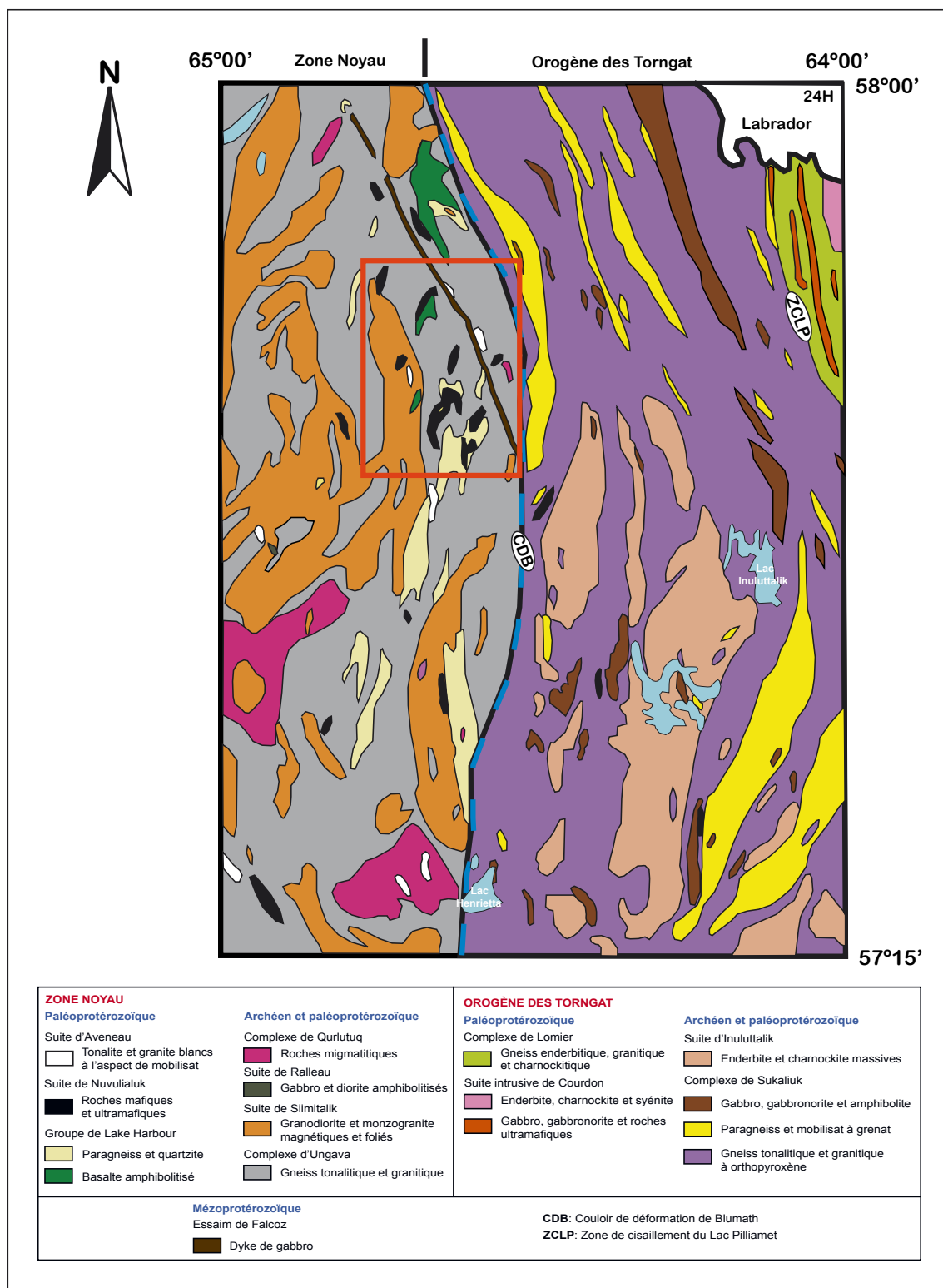
est interprétative. Le CDB est une zone de déformation majeure qui sépare ces deux domaines géologiques (figure 2.4; Verpaelt et al., 2000; Lafrance et al., 2015). Pour ce travail, seuls les affleurements localisés dans la Zone Noyau ont été visités et étudiés de façon détaillée.

La géologie locale peut être relativement complexe dans la région du lac Henrietta due à la présence de plusieurs suites et complexes géologiques. Afin de limiter les descriptions, seulement les unités environnantes de la SMUN seront décrites.

#### **2.4.1. La Zone Noyau**

Wardle et al. (1990) définit la partie centrale de la SEPC comme “*Central Division*” ou Division Centrale. Ultérieurement, James et al. (1996) renomment cette région la Zone Noyau.

La Zone Noyau est considérée comme le cœur du SEPC, mais était antérieurement incluse dans la Province de Rae (Hoffman, 1988). Les travaux de St-Onge et al. (1998) montrent que le SEPC n’appartient pas à la Province de Rae puisque l’orogénèse Transhudsonienne se prolonge jusqu’au Sud de l’Île de Baffin. La prolongation de l’orogène empêche la connexion entre la Province de Rae et la Zone Noyau du SEPC. De façon générale, Wardle et al., (2002) définissent la Zone Noyau comme un microcontinent archéen déformé et remodelé au Paléoproterozoïque. Il se serait séparé de la Province du Supérieur par un rift qui a mené à la formation de l’Océan Manikewan au début du Paléoproterozoïque. Il serait ensuite entré en collision avec le craton archéen de Nain en premier lieu et plus tardivement avec le craton du Supérieur lors de l’orogénèse Transhudsonienne (James et Dunning, 2000; Wardle et al., 2002).



**Figure 2.4.** Carte géologique de la zone d'étude (localisation de la SMUN dans l'encadré rouge; annexe 4) montrant la géologie détaillée d'une partie de la région du lac Henrietta (modifiée de Lafrance et al., 2015). CDB = Couloir de déformation de Blumath. ZCLP = Zone de cisaillement du lac Pilliamet.



#### ***2.4.1.1. Complexe d'Ungava***

Le Complexe d'Ungava a été introduit par Simard et al. (2013) lors de la campagne de cartographie géologique réalisée en 2011 dans les régions de Kuujuaq et de la Baie d'Ungava par le Ministère des Ressources naturelles du Québec.

La lithologie principale de ce complexe est un gneiss de composition tonalitique à parfois granitique. Le gneiss présente une granulométrie fine à moyenne et une couleur gris blanchâtre moyen. Selon Lafrance et al. (2015) le contenu en minéraux mafiques (biotite  $\pm$  amphibole) varie entre 10 et 25%. Des grenats ont aussi été observés à certains endroits (figure 2.5A). Le gneiss renferme environ 10 à 25% de rubans leucocrates de taille millimétrique à centimétrique de couleur blanchâtre (entre 10 et 25% selon Lafrance et al., 2015) subparallèles à la gneissosité. Parfois, des injections granitiques subparallèles à la gneissosité peuvent intensifier la présence des rubans.

Des datations U-Pb ont été réalisées par Simard et al. (2013). Deux âges ont été rapportés : i)  $2803 \pm 7$  Ma et  $2861 \pm 11$  Ma, correspondants aux âges du protolithe; ii)  $1813 \pm 11$  Ma et  $1874 \pm 31$  Ma, correspondants aux âges métamorphiques. Lafrance et al. (2015) ont daté le gneiss tonalitique environ 26 km au Nord-Ouest de la zone d'étude de ce projet, avec des âges rapportés de  $2896 \pm 5$  Ma et  $1871 \pm 15$  Ma respectivement.

#### ***2.4.1.2. Complexe de Siimitalik***

Le Complexe de Siimitalik (figure 2.5B) a été introduit par Lafrance et al. (2015) lors de la cartographie géologique réalisée en 2013 dans la région du lac Henrietta par le Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec. Cette unité a été établie afin de regrouper les granodiorites et les monzogranites magnétiques et foliés localisés entre la Faille Misurtuq et le CDB.

Selon Lafrance et al. (2015) ces roches montrent une granulométrie moyenne à grossière et une teinte grise pâle en surface altérée et grise rosâtre en surface fraîche. L'aspect de ces roches est hétérogène (ou "marbré") dû à la présence d'enclaves et des niveaux ou des amas irréguliers d'une tonalite similaire aux gneiss tonalitiques du Complexe d'Ungava. La forte assimilation des tonalites empêche une bonne différenciation entre les tonalites et les granodiorites. Les roches présentent un aspect hétérogène au microscope, avec une distribution irrégulière du microcline (entre 10 et 30%), des plages xénomorphes de quartz à extinction ondulante (15 à 25%) et des minéraux mafiques

(biotite±amphibole; 10 à 20%) sous la forme de pseudoschlierens. Des minéraux accessoires sont retrouvés associés aux amas mafiques (sphène, magnétite, muscovite et zircon; 5 à 10%).

Une datation U-Pb a été réalisée par Lafrance et al. (2015) mais les auteurs n'ont pas la validation de l'âge puisque l'échantillon choisi pourrait être une tonalite provenant du Complexe d'Ungava. Un âge de  $2840 \pm 6$  Ma a été rapporté, mais des datations supplémentaires sont nécessaires pour valider le résultat.

#### ***2.4.1.3. Groupe de Lake Harbour***

Le Groupe de Lake Harbour (GLH; figures 2.5C et 2.5D) a été introduit par Jackson et Taylor (1972) à l'Île de Baffin pour définir une séquence de roches volcano-sédimentaires. Le GLH a été daté à l'Île de Baffin par Scott et Gauthier (1996) à 1,93 Ga. Cette séquence sédimentaire a été déposée dans un contexte de plateforme (Scott, 1997) suite à l'érosion d'un arc magmatique formé lors de la subduction de la Zone Noyau sous la province de Nain, entre 1,91 et 1,89 Ga (Wardle et al., 2002). Il est difficile de prouver la corrélation de cette séquence avec les roches volcano-sédimentaires de la Zone Noyau, mais la séquence semble s'étendre jusqu'au nord-est du Québec et du Labrador.

Quatre unités définissent le Groupe de Lake Harbour :

- I) L'unité de paragneiss (figure 2.5C) : il s'agit de l'unité du GLH la plus étendue dans la région. Le paragneiss présente une granulométrie fine à moyenne et une couleur brunâtre ou brun rougeâtre en surface altérée et gris moyen en surface fraîche. Le paragneiss est constitué de quartz (5 à 35%), de feldspaths (microcline et plagioclase, 1 à 35%), de micas (muscovite et biotite; 10 à 30%), et de grenat (1 à 15%). Localement, nous retrouvons de la sillimanite et de la hornblende (<1 à 30%). Les minéraux accessoires sont le zircon, l'apatite, l'ilménite, le graphite et les sulfures. Le paragneiss renferme entre 5 et 25% de mobilisat, sous la forme de rubans de taille millimétrique à centimétrique et présente, à certains endroits, des textures granoblastiques (Lafrance et al., 2015).
- II) L'unité de quartzite et de subarkose (figure 2.5C) : cette lithologie est habituellement présente de façon interlitée avec l'unité de paragneiss. La quartzite présente une granulométrie fine à moyenne et une couleur gris blanchâtre clair à moyen en surface altérée autant qu'en surface fraîche. La

quartzite est constituée de quartz (85 à 95%, mais localement avec 75% de quartz), de feldspaths (jusqu'à 10% de feldspath potassique et plagioclase), de micas (5 à 15% de muscovite et parfois de biotite) et du graphite (1 à 15%). Les minéraux accessoires sont le rutile, l'ilménite et les sulfures.

- III) L'unité calco-silicatée : cette unité n'a pas été observée dans la zone d'étude. Lafrance et al. (2015) décrivent deux petits affleurements associés à cette unité dans la région du lac Henrietta. La roche présente une granulométrie moyenne et une teinte verdâtre. Ces roches se composent de diopside, de quartz, de trémolite, de muscovite, de carbonates, de biotite et de feldspaths (Lafrance et al., 2015).
- IV) L'unité d'amphibolite basaltique (figure 2.5D) : celle-ci est une unité qui peut présenter des affleurements parfois de grande étendue (jusqu'à 13 km de longueur par 3 km de largeur) d'amphibolites dérivées de basalte. Les roches présentent une granulométrie fine à moyenne et une teinte verte blanchâtre moyenne en surface altérée et verte moyenne à foncée en surface fraîche. Les minéraux présents sont l'amphibole (40 à 50%), le clinopyroxène (2 à 20%) et la biotite (2 à 10%). Les minéraux accessoires sont le quartz, le sphène, la chlorite, le grenat, l'ilménite et les sulfures (Lafrance et al., 2015).

#### ***2.4.1.4. Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk***

La Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk (figures 2.5E et 2.5F) a été introduite par Verpaelst et al. (2000) dans la région de la Rivière Koroc (feuilleton SNRC 24I). Verpaelst et al. (2000) interprètent cette Suite comme des filons-couches paléoproterozoïques injectés dans les métasédiments du GLH et dans les gneiss des complexes de Baudan (gneiss granitiques) et de Kangiqsualujjuaq (gneiss tonalitiques). Lors de la cartographie géologique, Verpaelst et al. (2000) notent la présence de quatre faciès ultramafiques : de la hornblendite, de la pyroxénite, de la péridotite et de la dunite.

Récemment Lafrance et al. (2015), lors de la cartographie géologique réalisée en 2013 dans la région du lac Henrietta, ont reconnu différents faciès de roches : des faciès ultramafiques (figure 2.5C) composées de péridotites (avec 50 à 70% d'olivine de taille centimétrique à faciès de cumulats) et de pyroxénites (dominées par du clinopyroxène et entre 5 et 25% d'olivine) et des faciès mafiques composés de gabbros (figure 2.5D).

#### **2.4.2. Le Couloir de Déformation de Blumath**

Le Couloir de Déformation de Blumath a été introduit par Verpaelst et al. (2000) dans la région de la rivière Koroc. Il s'agit d'une structure majeure, donc d'importance régionale, d'orientation nord-sud qui sépare la Zone Noyau de l'Orogène des Torngat. Également, cette structure sépare des faciès au grade des amphibolites dans la Zone Noyau et des faciès au grade des granulites dans l'Orogène des Torngat. Dans la partie ouest les faciès au grade des amphibolites ne montrent pas une intense variation le long de la Zone Noyau, alors que vers l'est à partir du CDB les roches montrent une augmentation des conditions métamorphiques jusqu'au faciès des granulites (Charette et Guilmette, 2014).

Verpaelst et al. (2000) et Lafrance et al. (2015) décrivent le CDB comme une zone de cisaillement de direction nord-sud qui affecte des affleurements situés entre 1 et 3 km du couloir. Les roches affectées par la déformation présentent une fabrique mylonitique bien développée (avec la présence de tectonites de type L/S) et une linéation sub-horizontale. Verpaelst et al. (2000) décrivent aussi des indicateurs cinématiques senestres et des failles nord-sud en régime fragile subparallèles au CDB.

#### **2.4.3. L'Orogène des Torngat**

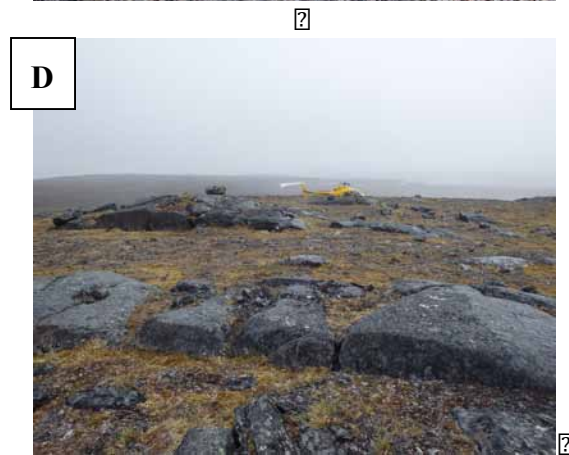
L'Orogène des Torngat est le résultat de la collision de la Zone Noyau et le craton de Nain lors de l'orogénese Transhudsonienne. L'Orogène des Torngat est composé par un groupe de gneiss déformés et métamorphisés au faciès des granulites d'origine diverse (Lafrance et al., 2015). Divers auteurs (Wardle, 1983; Girard, 1990; Verpaelst et al., 2000) décrivent quatre grandes unités dans l'Orogène des Torngat : i) le Complexe de Sukaliuk; ii) le Complexe du lac Lomier; iii) le Gneiss de Tasiuyak; et iv) le Complexe d'Iberville.

##### **2.4.3.1. Complexe de Sukaliuk**

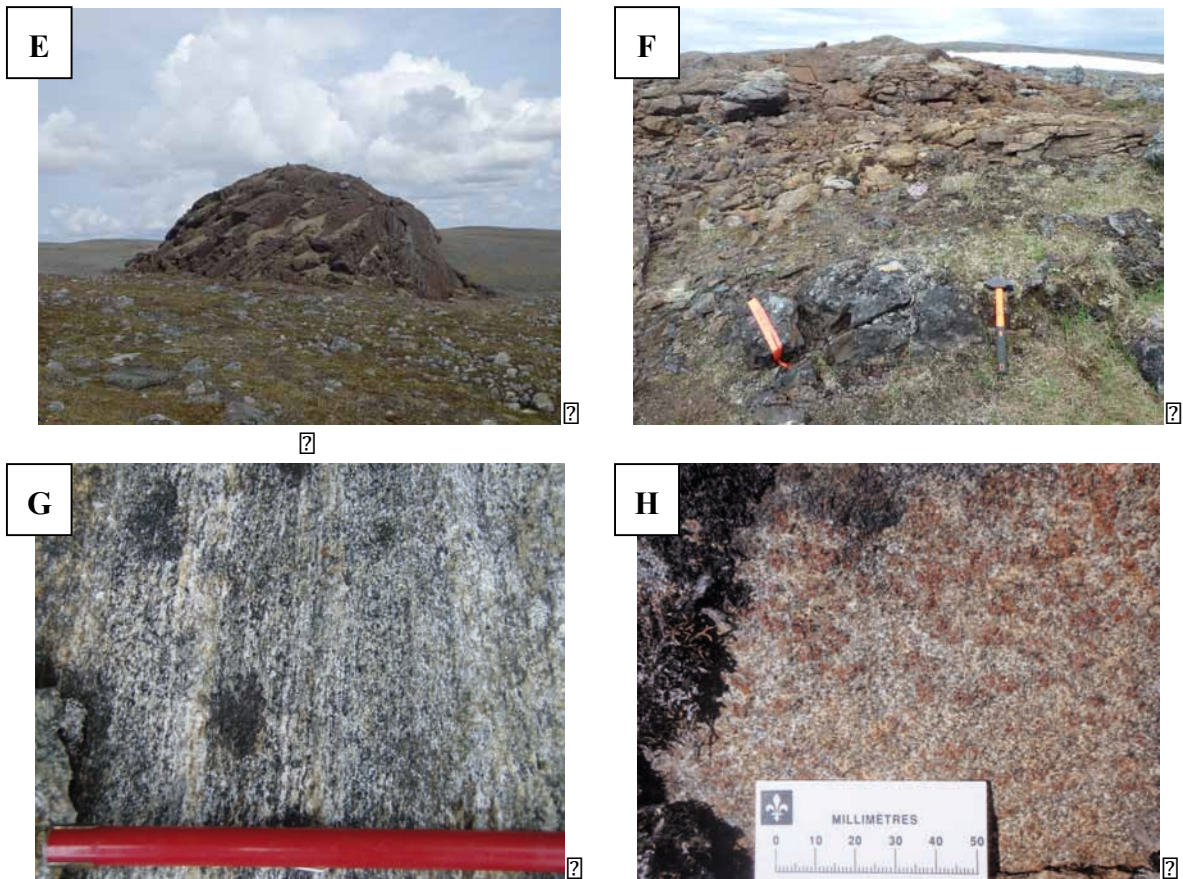
Le Complexe de Sukaliuk (figures 2.5G et 2.5H) a été introduit par Verpaelst et al. (2000) pour désigner un ensemble de roches composées d'orthogneiss, de roches supracrustales et de roches mafiques qui ont été métamorphisées aux faciès des granulites. Ce complexe appartient au Domaine du lac Henrietta, défini par Wardle et al. (1990) pour désigner l'alternance des bandes de gneiss et des intrusions à hypersthène fortement magnétiques et des bandes de paragneiss et de gneiss sans hypersthène faiblement magnétiques tous au faciès des granulites et d'orientation nord-sud ou nord-ouest – sud-est.

Lafrance et al. (2015), décrivent quatre unités qui appartiennent à ce complexe : i) une unité d'orthogneiss tonalitique à hypersthène (figure 2.5G); ii) une unité d'orthogneiss granitique à hypersthène; iii) une unité de paragneiss; et iv) une unité de roches mafiques (figure 2.5H). Les mêmes auteurs, lors de la cartographie dans la région du lac Henrietta, ont réussi à identifier la composition des gneiss et la plupart ont un protolithe de composition tonalitique.

Une datation LA-ICP-MS dans un échantillon de l'unité d'orthogneiss tonalitique à hypersthène (unité ii) a rapporté différents âges archéens pour le protolithe :  $3019 \pm 24$  Ma,  $2802 \pm 11$  Ma et  $2716 \pm 14$  Ma. Également, des âges métamorphiques paléoprotérozoïques ont été rapporté sur le même échantillon :  $1911 \pm 8$  Ma et  $1844 \pm 5$  Ma (Lafrance et al., 2015).







**Figure 2.5.** Photographies des affleurements : (A) Gneiss tonalitique du Complexe d'Ungava; (B) Aspect hétérogène de la granodiorite de la Suite de Siimitalik (Lafrance et al., 2015); (C) Interlitage de bandes de paragneiss rougeâtre et de quartzite grisâtre du Groupe de Lake Harbour; (D) Unité d'amphibolite basaltique du Groupe de Lake Harbour; (E) Aspect général des unités ultramafiques de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk; (F) Aspect général des unités mafiques de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk (unité ultramafique en arrière plan); (G) Gneiss tonalitique à orthopyroxène du Complexe de Sukaliuk (Lafrance et al., 2015); (H) Unité de roches mafiques du Complexe de Sukaliuk composées d'un leucograbbro à porphyroblastes de grenat (Lafrance et al., 2015).

## 2.5. Géologie structurale et métamorphisme

L'évolution structurale et métamorphique régionale doit être séparée selon les trois ensembles géologiques antérieurement décrits. Les différents événements tectonométamorphiques ont été constatés lors des campagnes de cartographie et grâce aux datations et aux études thermobarométriques réalisées par divers auteurs (Moorhead, 1989; Poirier et al., 1990; Ryan, 1990; Mengel et al., 1991; Ryan et al., 1991; Bertrand et al., 1993; Goulet, 1995; Van Kranendonk 1996; Isnard et al., 1998; Scott, 1998; Wardle et al., 2002; entre autres).

### **2.5.1. L'Orogène des Torngat**

Wardle et al. (2002) décrivent trois événements thermotectoniques dans l'Orogène des Torngat développés durant 80 Ma : D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> et D<sub>3</sub>.

- I) D<sub>1</sub> : le premier événement s'est déroulé dans le domaine de Tasiuyak à environ 1,87-1,86 Ga (Bertrand et al., 1993; Van Kranendonk 1996; Scott, 1998) et a provoqué le métamorphisme au faciès des granulites à des pressions de 11,0-9,5 kbar et des températures de 950-800°C (Mengel et al., 1991; Van Kranendonk 1996). Cet épisode de déformation est relié à la phase initiale de la collision entre la Zone Noyau et le craton de Nain. La surimpression des événements tectoniques suivants masque les structures développées lors de cette déformation. Malgré la surimpression, des chevauchements à vergence ouest et des plis isoclinaux P<sub>1</sub> peuvent être reconnus.
- II) D<sub>2</sub> : le deuxième événement est relié au développement de la zone de cisaillement senestre d'Abloviak environ 1,845 et 1,820 Ga (Bertrand et al., 1993; Scott, 1998). Le pic métamorphique atteint le faciès des amphibolites supérieures à des pressions de 7,3-5,0 kbar et des températures de 700-600°C (Mengel et al., 1991; Van Kranendonk, 1996). Les zones de cisaillement senestre de la Falcoz, de la Moonbase et de la rivière Mistastin sont cinématiquement associées au cisaillement majeur d'Abloviak, mais les données de Ryan et al. (1991) suggèrent que la zone de cisaillement de la Moonbase s'est développée pendant la D<sub>1</sub> (datation U-Pb de 1,86 Ga). La phase D<sub>2</sub> déforme les structures de la D<sub>1</sub> sous la forme de plis droits d'axes sub-verticaux de direction nord-sud dans la zone axiale de l'orogène (Lafrance et al., 2015).
- III) D<sub>3</sub> : le troisième événement est restreint à la partie est de l'Orogène des Torngat. Il est associé au développement des zones ultramylonitiques entre le domaine de Tasiuyak et le craton de Nain (Ryan, 1990; Van Kranendonk, 1996) et le long de la zone de cisaillement Komaktorvik (Wardle et al., 2002). L'âge de la déformation est de 1,79 à 1,75 Ga dans la zone axiale de l'orogène (Mengel et al., 1991). Cet événement produit un métamorphisme prograde aux faciès des granulites, avec 11,7 kbar et 800°C (Mengel et Rivers, 1991; Van Kranendonk, 1996) à exception du Groupe Ramah (sédiments de plateforme de la marge

continentale du craton de Nain; Scott, 1997). Dans ce dernier il y a une variation du grade métamorphique à partir du faciès des amphibolites au sud (6-7 kbar et 650°C) jusqu'aux faciès des schistes verts au nord (4,0-3,5 kbar et 475°C; Rivers et al., 1996; Van Kranendonk, 1996).

### **2.5.2. La Zone Noyau**

Wardle et al. (2002) décrivent les événements de déformation dans cette région comme des processus associés au développement de l'Orogène des Torngat, mais aussi au développement de l'Orogène du Nouveau-Québec.

Ainsi, un événement de déformation D<sub>1</sub>, d'âge 1,87-1,85 Ga (datation U-Pb; Ryan et al., 1991; Isnard et al., 1998) s'est produit dans la partie est de la Zone Noyau, contemporanément à la déformation D<sub>1</sub> dans l'Orogène des Torngat. Par contre, la déformation dans la partie ouest de la Zone Noyau est plus tardive, environ 1,82-1,77 Ga (Isnard et al., 1998; James et Dunning, 2000) et elle est associée aux zones de cisaillement senestre de la rivière George et du lac Tudor. Cet événement est presque contemporain à la déformation D<sub>3</sub> dans l'Orogène des Torngat.

### **2.5.3. L'Orogène du Nouveau-Québec**

Selon Lafrance et al., (2015), il y a trois événements thermotectoniques dans l'Orogène du Nouveau-Québec : D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> et D<sub>3</sub> (Moorhead, 1989; Perreault et Hynes, 1990; Poirier et al., 1990; Goulet, 1995).

- I) D<sub>1</sub> : le premier événement est associé à la collision entre le craton du Supérieur et la Zone Noyau. Cette déformation génère la foliation régionale, des plis couchés de direction nord-ouest – sud-est ou déversés vers le sud-ouest et des failles de chevauchement dans la partie ouest de la Zone Noyau (Lafrance et al., 2015).
- II) D<sub>2</sub> : le deuxième événement est aussi associé à la collision entre le craton du Supérieur et la Zone Noyau. Cette deuxième déformation génère une schistosité de crénulation et des plis de direction est-ouest (localisés surtout à l'intérieur de la Fosse du Labrador; Goulet, 1995).
- III) D<sub>3</sub> : la dernière déformation est associée à un mouvement de décrochement tardif dextre développé le long des failles de chevauchement (Clark et Wares,



2004) et possiblement responsable de la formation de la zone de cisaillement de la rivière George. Cette déformation semble être responsable de la formation des grands plis ouverts de direction nord-ouest – sud-est et plongeant vers le sud-ouest et qui peuvent être observés autant dans la Fosse du Labrador (Goulet, 1995) qu'à l'intérieur de la Zone Noyau (Simard et al., 2013).



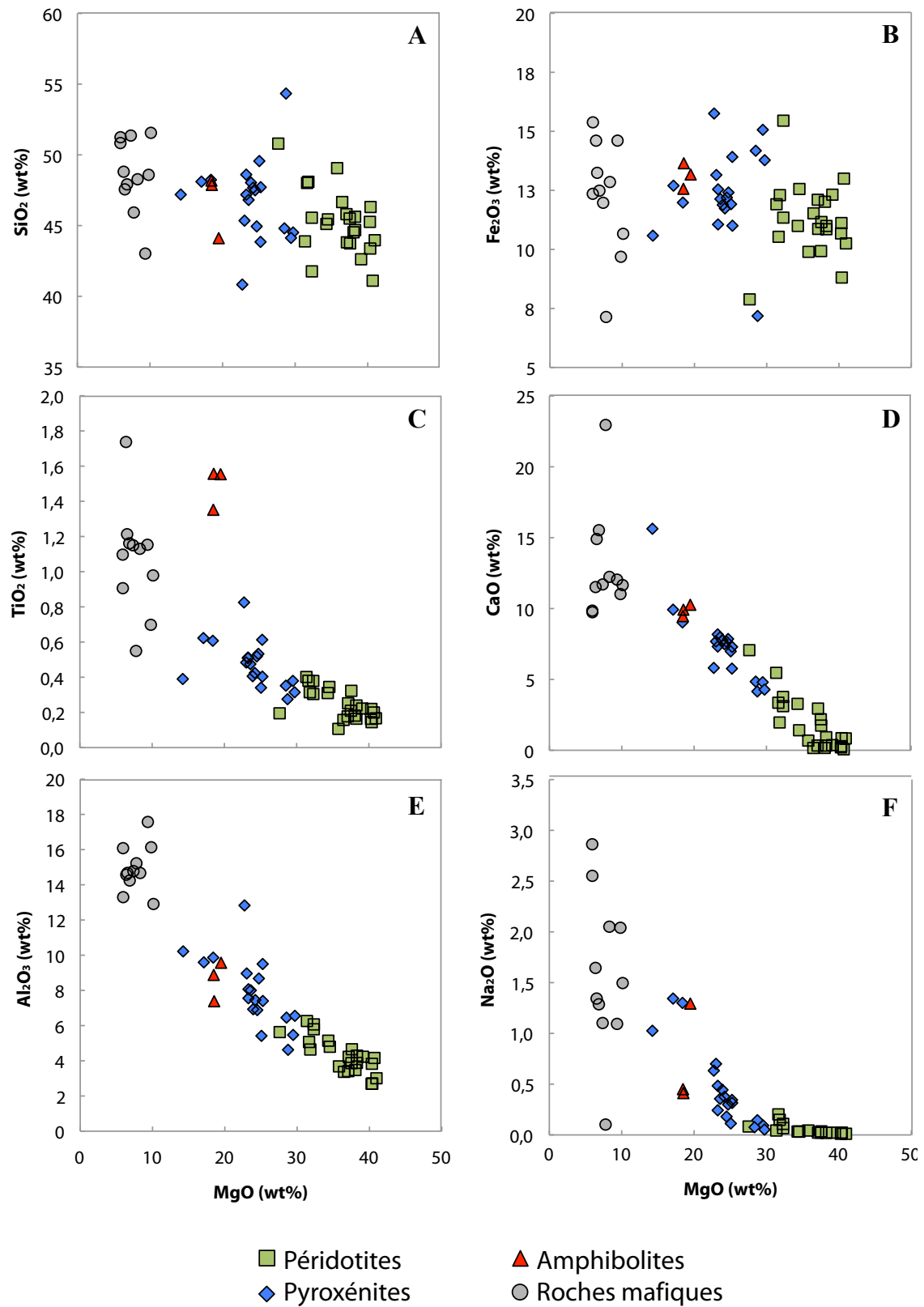
## CHAPITRE 3 – GÉOLOGIE DE LA SUITE MAFIQUE– ULTRAMAFIQUE DE NUVULIALUK

### 3.1. Classification des roches ultramafiques

Lors de la cartographie des roches de la SMUN, deux types de faciès ont été observés : des faciès ultramafiques et des faciès mafiques. L'intensité du métamorphisme, de la déformation et de l'altération subis par les roches de la SMUN a rendu leur identification et leur classification passablement difficile.

La nomenclature et la classification des roches ultramafiques et mafiques de la SMUN ont été établis par des observations visuelles des modes minéralogiques. Pour cette première étape, il a fallu estimer les proportions des minéraux primaires en tenant compte des assemblages résultant de l'altération et du métamorphisme de ces roches. En s'appuyant d'abord sur les observations pétrographiques, les proportions modales ont été raffinées et précisées à l'aide des données d'analyses géochimiques sur roche totale recalculées à 100% anhydre. Cette approche a permis d'identifier quatre groupes lithologiques principaux qui sont : 1) des péridotites, 2) des pyroxénites, 3) des amphibolites, et 4) des roches mafiques.

Les analyses géochimiques sur roche totale (annexes 2A, 2B et 2C) montrent des différences géochimiques en éléments majeurs pour chacun des groupes. Sur la figure 3.1, les oxydes majeurs  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{tot}}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et  $\text{Na}_2\text{O}$  varient en fonction du contenu en  $\text{MgO}$  utilisé ici comme indice de différenciation. Tous ces éléments montrent une corrélation négative avec le  $\text{MgO}$ , des tendances compatibles avec une évolution par un processus de cristallisation fractionnée. Cependant, certains éléments ( $\text{SiO}_2$  et  $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{tot}}$ ; figures 3.1A et 3.1B respectivement) montrent une corrélation moins bien définie et semblent davantage affectés par l'altération que les autres éléments. La tendance observée montre que les péridotites sont enrichies en  $\text{MgO}$  et ont de faibles teneurs en  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{tot}}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et  $\text{Na}_2\text{O}$  alors que les pyroxénites, les amphibolites et les roches mafiques sont de plus en plus enrichies en ces éléments et appauvries en  $\text{MgO}$ . Un des échantillons de péridotite est localisé légèrement hors du groupe (RPP-66-14), entouré de pyroxénites. Ce décalage peut être relié à une forte altération de l'échantillon ou à une proportion plus importante de pyroxène.

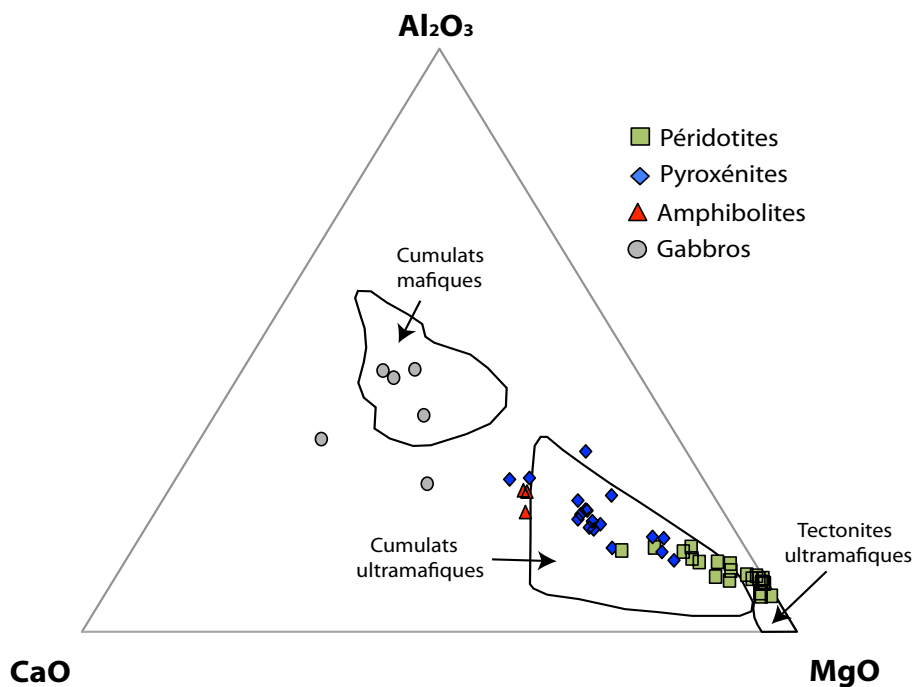


**Figure 3.1.** Diagrammes binaires montrant une corrélation négative (A) mal définie entre la SiO<sub>2</sub> et le MgO, (B) mal définie entre le Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>tot</sup> et le MgO, (C) bien définie entre le TiO<sub>2</sub> et le MgO, (D) bien définie entre le CaO et le MgO, (E) bien définie entre le Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et le MgO, (F) bien définie entre le Na<sub>2</sub>O et le MgO.

### 3.1.1. Des cumulats et/ou des résidus?

Il a déjà été proposé que les roches de la SMUN appartiennent à une séquence ophiolitique (Pedreira Pérez et Pagé, 2016). Afin de préciser la nature de l'ensemble des roches étudiées et de vérifier les résultats préliminaires de Pedreira Pérez (2015) qui proposait la présence de roches d'origine mantellique, les échantillons sont projetés dans un diagramme ternaire  $\text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO}$  (figure 3.2; Coleman, 1977) afin de distinguer les péridotites d'origine cumulative et des péridotites résiduelles. Ces dernières sont généralement enrichies en  $\text{MgO}$  et appauvries en éléments fusibles tels que  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et  $\text{CaO}$ .

Les quatre groupes lithologiques identifiés précédemment (figure 3.1) sont projetés dans le diagramme ternaire de la figure 3.2. Dans ce diagramme de classification, les roches mafiques correspondent à des cumulats mafiques, les amphibolites et les pyroxénites se retrouvent majoritairement dans le champ des cumulats ultramafiques alors que les péridotites forment deux sous-groupes: un premier dans le champ des cumulats ultramafiques mais plus près du pôle  $\text{MgO}$  que les pyroxénites, et un second groupe pratiquement situé au pôle  $\text{MgO}$  correspondant à des péridotites résiduelles d'origine mantellique.



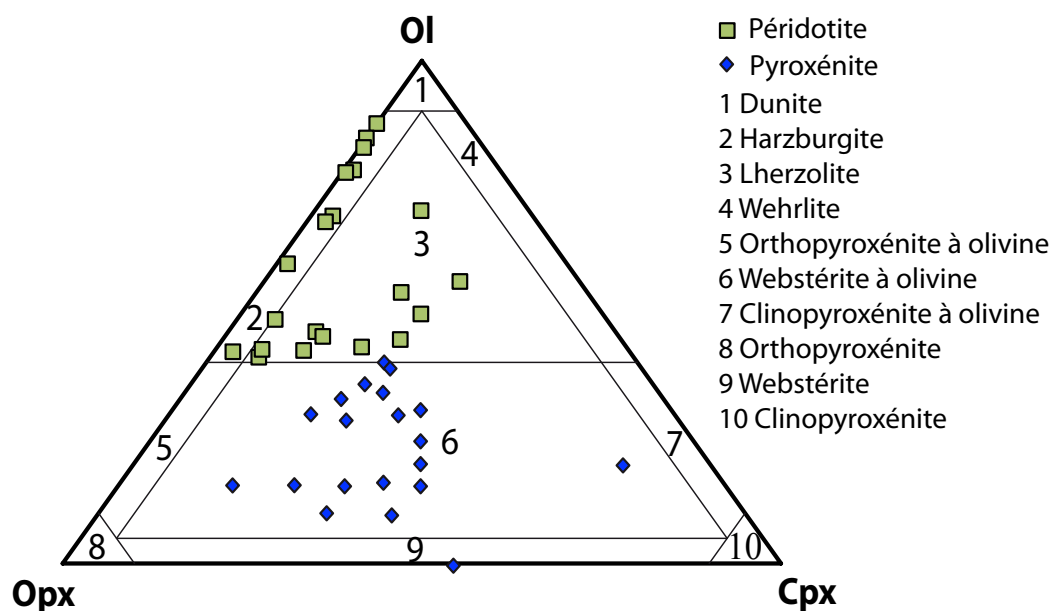
**Figure 3.2.** Diagramme ternaire du contenu en  $\text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO}$  des roches de la SMUN pour différencier les roches ultramafiques d'origine mantellique des roches ultramafiques et mafiques d'origine cumulative (tirée de Coleman, 1977).

Il est à noter que ce dernier groupe (les péridotites localisées dans le champ des péridotites mantelliques) semble légèrement plus riche en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  que ce que propose Coleman (1977), mais cette différence pourrait indiquer que les péridotites de la SMUN localisées dans ce champ se seraient formées dans des conditions de pression plus élevée que celles utilisées pour définir le champ des péridotites mantelliques ou qu'il s'agirait de cumulats dont l'effet de l'altération déplace les échantillons vers le pôle  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Dû à cette différence, les roches seront nommées selon le protolithe pour le restant du mémoire et non selon ce diagramme de classification.

### 3.2. Les roches ultramafiques

L'identification des protolithes a nécessité une combinaison de différentes approches, des observations tant macroscopiques que microscopiques et des données géochimiques sur roche totale et de minéraux. Grâce à la combinaison de différentes approches, deux sous-groupes de roches ont été observés dans les faciès ultramafiques (~ 75% des affleurements) : des péridotites et des pyroxénites (figure 3.3).



**Figure 3.3.** Diagramme ternaire clinopyroxène – olivine – orthopyroxène (Cpx/Ol/Opx) utilisé pour préciser la nature et la nomenclature des roches étudiées (tiré de Streckeisen, 1973, 1976).

### **3.2.1. Les péridotites**

Les péridotites constituent une large part des roches de la SMUN (~ 50% des affleurements). Ces roches forment deux sous-groupes, le premier est dominé par des harzburgites et le second est dominé par des lherzolites.

Ces roches présentent des assemblages primaires, tels que Ol-Opx-Cpx-Chr-Mt-Ilm-Sul, et des phases secondaires dérivées de l'altération partielle ou totale de ces phases primaires (Srp, Amp, Chl, Hcn, Mt).

#### **3.2.1.1. Harzburgites**

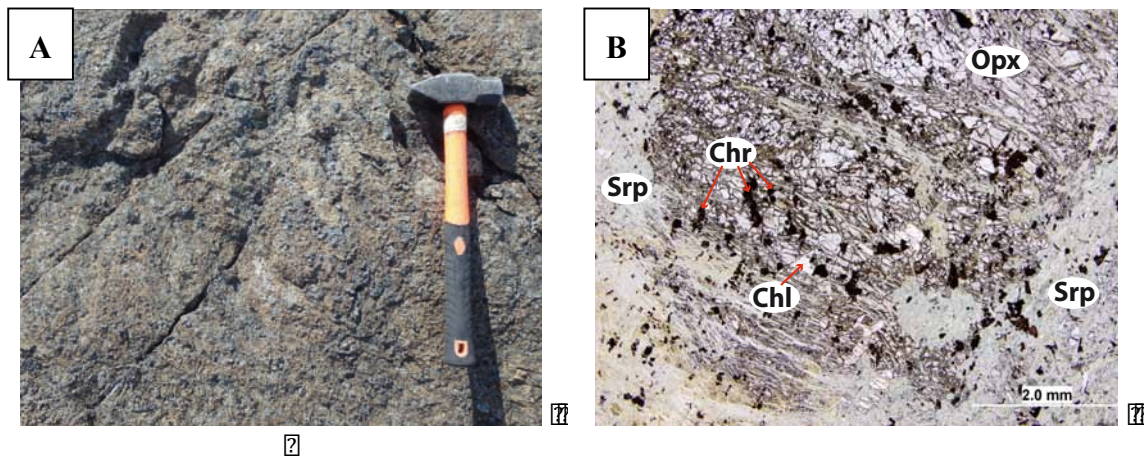
Les harzburgites (~ 22% des affleurements; figures 3.4A et 3.4B) présentent une granulométrie moyenne à grossière dans une matrice à grains fins et une couleur brun rougeâtre ou jaunâtre en surface altérée et vert grisâtre moyen en surface fraîche. Elles sont composées de :

- La serpentine (40-85%) présente principalement une texture en maille (dérivée de l'olivine partiellement à complètement transformée en serpentine) et montre localement une texture de bastite (dérivée de l'orthopyroxène transformé en serpentine). Des reliques d'olivine (< 1-35%) sont parfois présentes. Généralement la taille des reliques d'olivine varie entre 1 et 5 mm, mais peuvent atteindre jusqu'à 1 cm. Ces reliques se présentent entourées de serpentine et/ou, plus rarement, englobées dans des couronnes d'orthopyroxène.
- L'orthopyroxène (7-50%) est présent sous la forme d'agrégats montrant une extinction ondulante. Les grains sont subidiomorphes à xénomorphes et présentent une taille variable entre 0,5 et 5 mm. Des inclusions d'amphibole et de chromite sont communes dans les orthopyroxènes.
- L'amphibole (1-15%) peut être subidiomorphe à xénomorphe avec une taille variant de 0,25 à 1,5 mm. Ces grains sont soit localisés à l'intérieur de la serpentine, soit en position interstitielle associées à la chlorite et la chromite ou sous la forme d'inclusions (qui constituent ~ 15-20% des grains, généralement inférieur à 0,5 mm) dans les orthopyroxènes. D'un point de vue compositionnel, les amphiboles constituant la matrice sont similaires aux amphiboles en inclusions dans les orthopyroxènes.
- Des micas de type chlorite (< 1-12%) se présentent sous la forme de grains subidiomorphes à xénomorphes à l'intérieur de la serpentine ou de façon

interstitielle aux autres phases présentes. Généralement, ils apparaissent associés aux grains d'amphibole et de chromite. Il n'est pas exclu qu'une partie de la chlorite observée soit dérivée de l'altération de plagioclase, ce qui expliquerait les teneurs en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

- La chromite représente entre 1 et 3% de la roche et s'observe sous la forme de grains zonés isolés ou en agrégats. Ils sont tous d'aspect xénomorphe et de couleur brunâtre moyen à clair (normalement les cœurs des grains présentent une coloration plus foncée que la bordure). La taille des grains est généralement inférieure à 0,25 mm, plus rarement elle peut atteindre 0,5 mm. La chromite peut être localisée à l'intérieur des grains d'olivine et d'orthopyroxène pseudomorphisés, mais aussi interstitielles aux phases présentes dans ces roches. Parfois on peut l'observer sous la forme d'inclusions dans l'amphibole et/ou dans la chlorite interstitielle. Des traces de hercynite peuvent être observées.
- La magnétite et l'ilménite représentent entre 0,1-1% de la roche. La magnétite se présente sous la forme de chapelets de grains dans les veines de serpentine. L'ilménite se présente sous la forme de grains xénomorphes d'une taille inférieure à 0,5 mm à l'intérieur de la serpentine et de l'orthopyroxène.
- Les sulfures disséminés (0,1-5%) se présentent généralement sous la forme de gouttelettes ou de grains xénomorphes d'une taille généralement inférieure à 0,5 mm mais pouvant atteindre localement 1 mm. Parfois, des veinules de sulfure sont présentes. L'assemblage typique de ces sulfures est composé de Pnt-Po-Cpy $\pm$ Py. Les grains de Po contiennent parfois des exsolutions de Pnt.
- Traces de talc associées à de la serpentine ou de la chlorite sont observées (RPP-41-14, RPP-68-14).





**Figure 3.4.** Photographies de l'affleurement (A; RPP-147-14) et en lame mince (B; RPP-59-3-14) de la harzburgite.

### 3.2.1.2. *Lherzolites*

Les lherzolites (~ 28% des affleurements; figures 3.5A et 3.5B) présentent une granulométrie fine à moyenne ou moyenne à grossière dans une matrice à grains fins. Elles présentent une couleur brun rougeâtre ou verdâtre en surface altérée et gris verdâtre moyen ou vert grisâtre moyen à foncé en surface fraîche. Elles sont composées de :

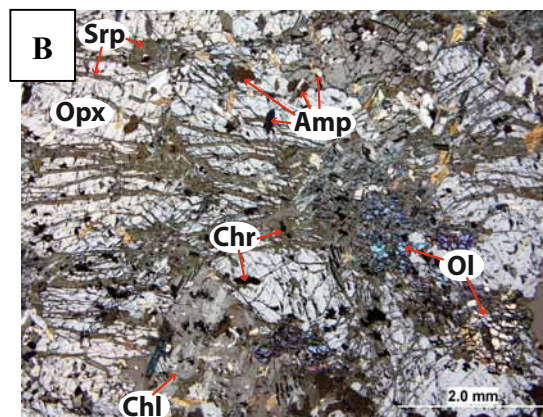
- La serpentine (20-65%) qui présente une texture en maille et en bastite (très rare). Des reliques d'olivine (1-15%) peuvent être présentes. Généralement, la taille des reliques varie entre 0,2 et 2 mm. Ces reliques se présentent entourées de serpentine ou englobées dans des couronnes d'orthopyroxène.
- L'orthopyroxène (1-50%) se présente sous la forme de grains subidiomorphes à xénomorphes avec une taille variant entre 0,5 et 5 mm, mais pouvant atteindre 15 mm localement. Des inclusions d'amphibole, de chromite et de sulfures sont communes dans les orthopyroxènes.
- Le clinopyroxène (10-30%) peut être subidiomorphe et xénomorphe avec une taille généralement inférieure à 1 mm. Des inclusions d'olivine et de chromite sont communes.
- L'amphibole (10-50%) peut être automorphe, subidiomorphe et xénomorphe avec une taille généralement comprise entre 0,1 et 1 mm. Parfois, il est possible d'observer deux populations granulométriques : une de taille < 0,25-0,5 mm et l'autre de taille variant entre 0,25 et 1 mm ou entre 0,5 et 1 mm (varie selon les échantillons). Ces grains peuvent être localisés à l'intérieur de la serpentine, sous la forme d'inclusion dans les orthopyroxènes (qui constituent ~ 15% des grains, < 1 mm) ou partiellement

entourés par des chlorites dans la matrice. Ils peuvent aussi se présenter en position interstitielle entre les grains et associés à la chlorite et la chromite.

- Les micas de type chlorite (1-5%) se présentent sous la forme subidiomorphe à xénomorphe et de taille variant entre 0,1 et 2 mm. La chlorite est en position interstitielle entre les autres phases présentes et fréquemment associée avec de l'amphibole, ou encore à l'intérieur de la serpentine.
- La chromite et l'hercynite (1-5%) se présentent sous la forme de grains zonés xénomorphes de couleur brun moyen à clair au cœur (chromite) et brun verdâtre clair en bordure (hercynite). La taille des grains varie de 0,05 à 0,3 mm. Les grains se présentent principalement sous la forme d'inclusion dans les orthopyroxènes et moins fréquemment dans les pseudomorphes d'olivine serpentinisés. Plus rarement, on observe des sulfures associés aux grains de chromite-hercynite interstitiels.
- La magnétite et l'ilménite représentent entre 0,1-1% de la roche. La magnétite se présente principalement sous la forme de chapelets de grains dans les veines de serpentine ou autour des chlorites, mais aussi sous la forme de grains xénomorphes de moins de 0,05 mm à l'intérieur de la serpentine (très rare). L'ilménite se présente sous la forme de grains xénomorphes de 0,25 à 1 mm distribués dans la serpentine et en inclusion dans l'orthopyroxène.
- Les sulfures (0,1-1%) se présentent généralement sous la forme de grains xénomorphes de 0,1 à 0,5 mm disséminés dans la roche. L'assemblage typique est composé de Po-Pnt, et plus rarement de Po-Pnt-Cpy. Les grains de Po peuvent contenir des exsolutions de Pnt. [?]



[?]



[?]

**Figure 3.5.** Photographies de l’affleurement (A; RPP-145-14) et en lame mince (B; RPP-145-14) de la lherzolite.

### **3.2.2. Les pyroxénites**

Les pyroxénites constituent le deuxième groupe lithologique le plus abondant de la SMUN (~ 35% des affleurements). Ces roches sont subdivisées en deux sous-groupes : des webstérites à olivine et une webstérite.

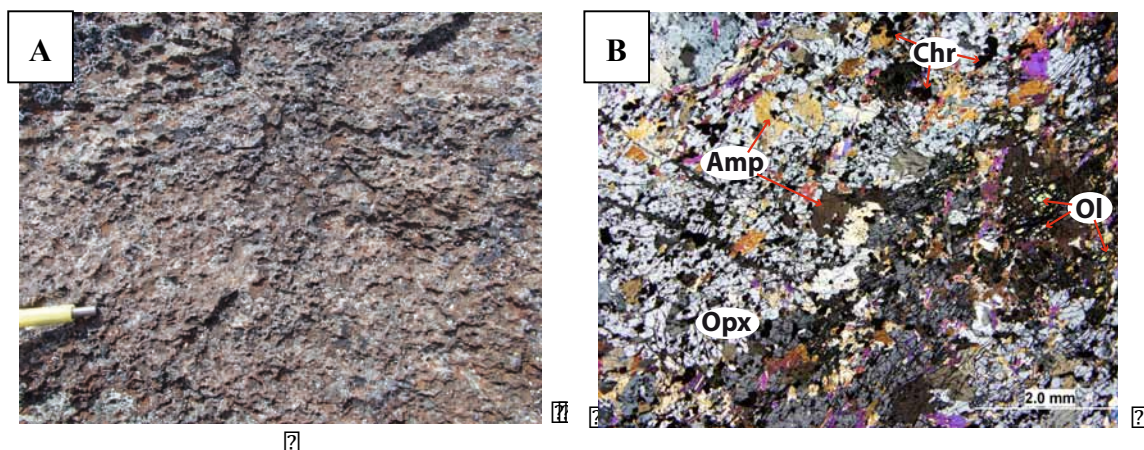
#### **3.2.2.1. Webstérites à olivine**

Les webstérites à olivine (~ 34% des affleurements; figures 3.6A et 3.6B) se classifient en deux groupes : webstérites à olivine et webstérites à olivine tardives. Ces dernières montrent un degré de déformation inférieur à celui des premières. En générale, ces roches présentent une granulométrie fine à moyenne et parfois grossière et une couleur brun rougeâtre ou verdâtre en surface altérée et vert grisâtre moyen en surface fraîche. Elles sont composées de :

- La serpentine (1-45%) montre une texture en maille. Des reliques d’olivine entourées de serpentine peuvent être présentes (1-25%). Généralement la taille des reliques varie entre 0,5 et 10 mm.
- L’orthopyroxène (1-49%) forme des grains xénomorphes variablement préservés de taille variant entre 1 et 10 mm. Des reliques d’orthopyroxène s’observent entourées de serpentine, d’amphibole et d’hercynite. Les inclusions d’amphibole et de chromite/hercynite (qui constituent ~ 20-25% des grains, < 0,5 mm) sont communes dans les orthopyroxènes.
- L’amphibole (30-80%) peut être automorphe, subidiomorphe et xénomorphe avec une taille variant entre 0,25 et 1,5 mm. Les grains se présentent normalement en position interstitielle entre les grains d’olivine plus ou moins serpentinisés et d’orthopyroxène, mais s’observent aussi sous la forme d’inclusions dans ce dernier (rare).
- Les micas de type chlorite ( $\leq 1\%$ ) ne sont pas très abondants dans ces roches. Ces micas se présentent sous la forme de grains subidiomorphes à xénomorphes avec une taille variant entre 0,3 et 1 mm. La chlorite est en position interstitielle et généralement associée aux grains d’amphibole.
- L’hercynite, et plus rarement la chromite (1-3%), se présentent sous la forme de grains zonés de couleur brun clair au cœur et vert moyen à clair à la bordure. La taille des grains est inférieure à 0,5 mm. Ces grains sont

disséminés dans la roche et principalement associés aux grains d'amphibole ou dans la serpentine. Le couple hercynite-chromite n'a pas été observé dans les webstérites à olivine tardives.

- La magnétite et l'ilménite représentent entre 0,1-1% de la roche. La magnétite, très peu abondante, se présente sous la forme de chapelets de grains dans les veinules de serpentine. L'ilménite se présente sous la forme de grains xénomorphes de moins de 0,5 mm, aussi associée à la serpentine.
- Les sulfures disséminés (0,1-3%) se présentent sous la forme de grains xénomorphes généralement d'une taille inférieure à 0,5 mm, mais pouvant atteindre localement jusqu'à 1,5 mm. L'assemblage typique est Po-Pnt-Cpy, Po-Pnt ou Po-Cpy. Les grains de Po peuvent contenir des exsolutions de Pnt.
- Traces de calcite (RPP-121-14) et de dolomite (RPP-120-B-14) sont localement observées.



**Figure 3.6.** Photographies de l'affleurement (A; RPP-43-14) et en lame mince (B; RPP-56-14) de la webstérite à olivine.

### 3.2.2.2. *Webstérites*

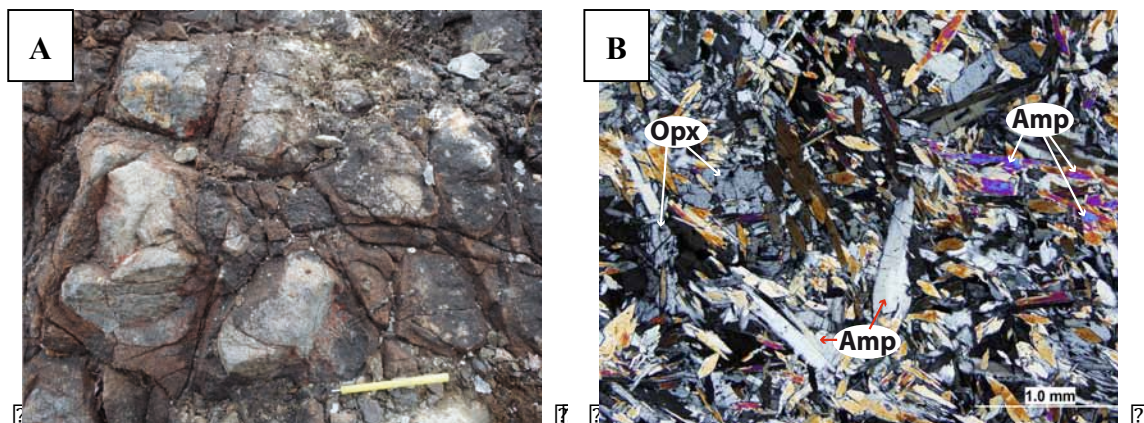
La webstérite (1% des affleurements; un seul affleurement a été observé; figures 3.7A et 3.7B) présente une granulométrie fine à moyenne et une couleur blanc grisâtre moyen à clair en surface altérée et gris moyen en surface fraîche. Elle est composée de :

- L'orthopyroxène (40%) se présente sous la forme de reliques de moins de 1 mm.
- L'amphibole (48%) peut être automorphe, subidiomorphe et xénomorphe avec une taille variant entre 0,5 et 2 mm.
- Les micas de type chlorite (10%) se présentent sous la forme de grains subidiomorphes à xénomorphes, de taille inférieure à 1 mm. La chlorite



s'observe en position interstitielle entre les autres phases de la roche ou associée aux grains d'amphibole.

- L'ilménite (0,5%) se présente sous la forme de grains xénomorphes de moins de 0,3 mm généralement associée à l'amphibole et à la chlorite.
- Les sulfures disséminés (1,5%) se présentent généralement sous la forme de grains xénomorphes de moins de 0,3 mm associés à la chlorite. L'assemblage typique est Po-Pnt-Cpy-Py. Les grains de Po peuvent contenir des exsolutions de Pnt.



**Figure 3.7.** Photographies de l'affleurement (A; RPP-80-14) et en lame mince (B; RPP-80-14) du seul affleurement de webstérite.

### 3.3. Les roches mafiques

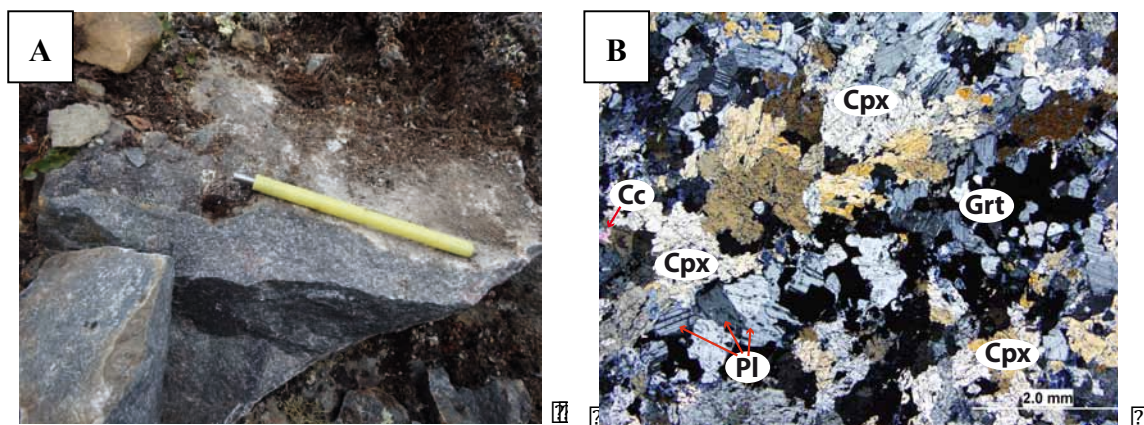
Les faciès mafiques (~ 15% des affleurements) sont composés de gabbros et d'amphibolites.

#### 3.3.1. Les gabbros

Les gabbros (~ 10% des affleurements; figures 3.8A et 3.8B) présentent une granulométrie fine à moyenne et une couleur gris moyen en surface altérée et en surface fraîche. Ils sont composés de :

- Le clinopyroxène (40-45%) peut être subidiomorphe et xénomorphe avec une taille variant de <0,5 à 2 mm. Ils peuvent être localisés à l'intérieur des amphiboles ou des plagioclases.
- L'amphibole (40-75%) peut être automorphe, subidiomorphe et xénomorphe avec une taille variant de 0,5 à 2 mm. Ils peuvent contenir de la titanite en inclusion. La bordure des grains d'amphibole est localement altérée en épidote (RPP-63-A-14).

- Le plagioclase (23-45%) se présente sous la forme de grains subidiomorphes à xénomorphes d'une taille variant de 0,2 à 1 mm. Les macles polysynthétiques sont communes et certains grains peuvent contenir de l'amphibole en inclusion.
- Le quartz (5%) se présente sous la forme de grains xénomorphes. La taille des grains varie de 0,5 à 1 mm. Le quartz est distribué un peu partout dans la roche et certains grains peuvent aisément être confondus avec du plagioclase.
- Le grenat (1%) a été observé dans un seul échantillon (RPP-63-A-14). Les grains se présentent sous la forme de grains xénomorphes partiellement altérés en épidote à leur bordure. La taille des grains est inférieure à 2 mm.
- La titanite (1-2%) se présente sous la forme de grains subidiomorphes à xénomorphes de moins de 0,3 mm. On les observe généralement à l'intérieur des grains d'amphibole et plus rarement dans des grains de plagioclase, ou encore à l'interface entre ces 2 phases. La titanite peut contenir des inclusions d'ilménite.
- L'ilménite (0,1-2%) se présente sous la forme de grains xénomorphes isolés de moins de 0,3 mm, parfois associés aux sulfures ou à l'intérieur de la titanite.
- Les sulfures disséminés (0,1-3%) se présentent généralement sous la forme de grains xénomorphes d'une taille variant de 0,1 à 0,5 mm composés de Po, de Cpy ou de Po-Cpy.
- Traces de calcite sont localement observées (RPP-63-A-14).

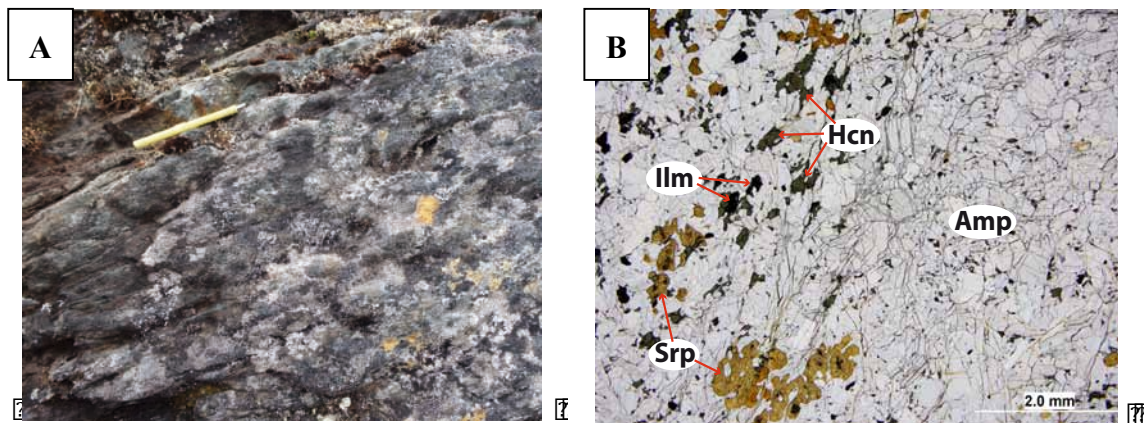


**Figure 3.8.** Photographies de l'affleurement (A; RPP-63-A-14) et en lame mince (B; RPP-63-A-14) du gabbro.

### 3.3.2. Les amphibolites

Les amphibolites (~ 5% des affleurements; figures 3.9A et 3.9B) présentent une granulométrie fine et une couleur vert grisâtre moyen en surface altérée et gris verdâtre moyen en surface fraîche. Elles sont composées de :

- La serpentine (10-20%) est localisée autour des reliques d'olivine (1-20%) et montre rarement une texture en maille. Les reliques d'olivine atteignent une taille variant entre 0,5 et 10 mm.
- L'amphibole (65-75%) peut être automorphe, subidiomorphe et xénomorphe. Deux populations granulométriques ont été observées : une première population montre une taille variant de 0,5 à 1,5 mm et la seconde population montre une taille  $< 0,5$  mm.
- Les micas de type chlorite ( $< 1\%$ ) s'observent sous la forme de trace. En réalité, un seul grain a été observé dans un échantillon (RPP-63A-14). Le grain présente une morphologie subidiomorphe et une taille d'environ 0,5 mm.
- L'hercynite ( $< 1-3\%$ ) se présente sous la forme de grains isolés de couleur vert foncé. La taille des grains est inférieure à 0,5 mm. Ces grains sont disséminés dans la roche, souvent en contact avec les grains d'amphibole et la serpentine.
- L'ilménite (2-5%) se présente sous la forme de grains subidiomorphes à xénomorphes de moins de 0,5 mm. Ils sont soit associés à l'hercynite ou en position interstitielle par rapport aux grains d'amphibole.
- Les sulfures disséminés ( $< 1\%$ ) se présentent généralement sous la forme de grains xénomorphes de Po et de Cpy de moins de 0,3 mm.



**Figure 3.9.** Photographies de l'affleurement (A; RPP-109-14) et en lame mince (B; RPP-108-14) de l'amphibolite.

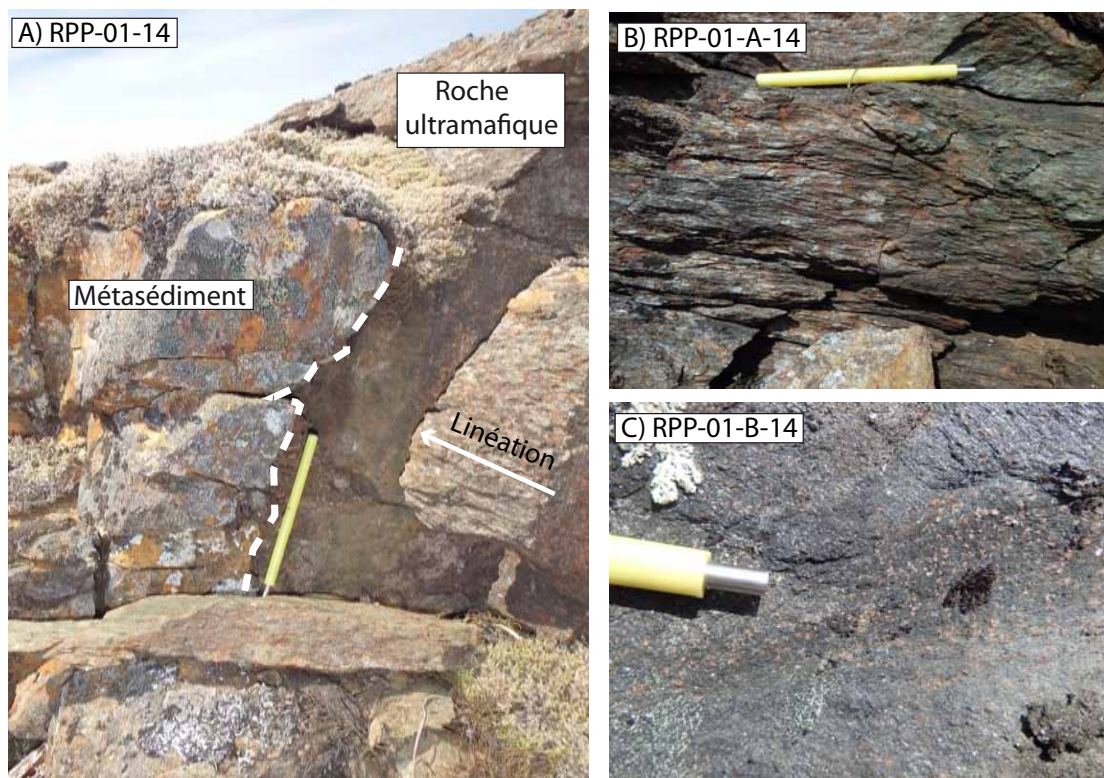
### 3.4. Nature des contacts avec les roches encaissantes

Puisque l'intensité du métamorphisme empêche de clairement distinguer les gabbros et des amphibolites basaltiques, tous les échantillons mafiques récoltés dans les affleurements de la SMUN seront considérés comme des gabbros et les échantillons



mafiques récoltés dans les affleurements appartenant au Groupe de Lake Harbour (GLH) seront considérés comme des amphibolites basaltiques.

D'après les travaux de Verpaelst et al. (2000) réalisés à une centaine de kilomètres plus au nord, Lafrance et al. (2015) proposent que les roches de la SMUN recoupent les gneiss tonalitiques et granitiques archéens du Complexe d'Ungava et la séquence volcano-sédimentaire paléoprotérozoïque du GLH composée d'amphibolites basaltiques, de paragneiss et de quartzites. Cependant les travaux de cartographie de la SMUN de l'été 2014 n'ont pas permis d'observer la nature des contacts entre les roches de la SMUN et les roches encaissantes gneissiques du Complexe d'Ungava ou de la séquence volcano-sédimentaire du GLH, à exception d'un seul endroit (RPP-01-14; figure 3.10A). Le contact observé entre les roches de la SMUN et les métasédiments apparaît comme étant d'origine tectonique où la roche ultramafique de la SMUN présente une forte linéation d'étirement (figure 3.10B). À ce point, le métasédiment est caractérisé par la présence d'orthopyroxène et du grenat (figure 3.10C), qui met en évidence un métamorphisme de haut grade (faciès des granulites). De plus, les résultats préliminaires présentés par Pedreira Pérez (2015) semblent en désaccord avec une origine intrusive de la SMUN, mais suggèrent plutôt que le contact entre la SMUN et les roches du GLH est de nature tectonique.





**Figure 3.10.** Photographies de l’affleurement RPP-01-14 (A), où est exposé le contact entre les roches ultramafiques (B) et les métasédiements (C). L’origine du contact est tectonique et est définie par une forte linéation d’étirement dans la roche ultramafique qui est subparallèle au contact vers 13°→N198°E. Le métasédiment est caractérisé par la présence d’orthopyroxène (observé en lame mince) et du grenat de façon locale sur l’affleurement.

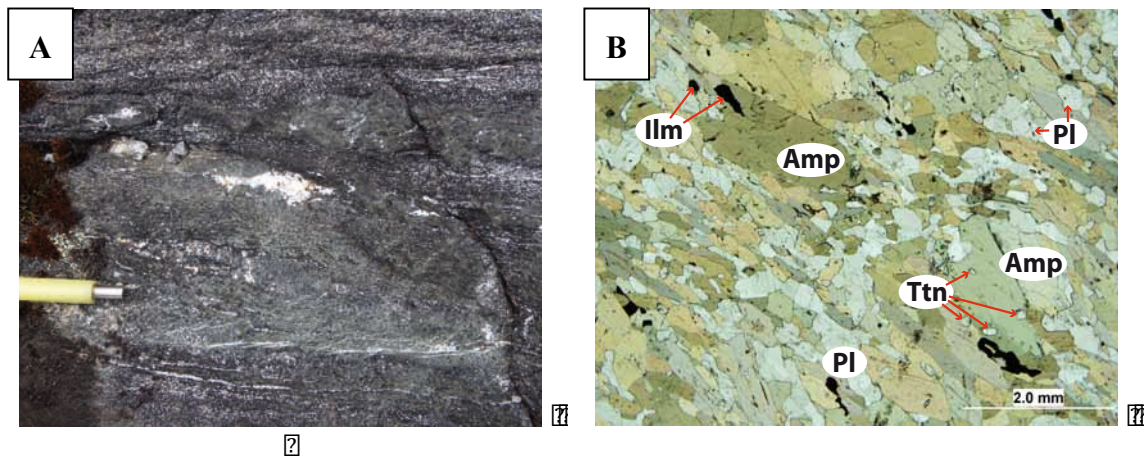
### **3.4.1. Le Groupe de Lake Harbour**

Le Groupe de Lake Harbour (GLH) est composé d’une séquence volcano-sédimentaire d’âge Paléoproterozoïque dominée, dans la zone d’étude, par des amphibolites basaltiques et par des métasédiments clastiques paragneissiques et quartzitiques. Le GLH est la seule lithologie encaissante qu’a été échantillonnée, analysée et étudiée en détail.

#### **3.4.1.1. Les amphibolites basaltiques**

Les amphibolites basaltiques (un seul affleurement visité lors de ce projet, RPP-26-14, mais les données géochimiques de cinq affleurements supplémentaires provenant de la base de données SIGÉOM sont inclus; figure 3.11) présentent une granulométrie fine à moyenne et une couleur vert moyen en surface altérée et vert moyen à foncé en surface fraîche. Le seul échantillon récolté est composé des minéraux suivants :

- L’amphibole (71%) peut être automorphe, subidiomorphe et xénomorphe avec une taille variant de 0,5 à 3 mm. Les grains d’amphibole peuvent contenir des inclusions de titanite.
- Le plagioclase (25%) se présente sous la forme de grains xénomorphes de taille variant de 0,2 à 1 mm. Les mâcles polysynthétiques sont communes.
- La titanite (2%) se présente sous la forme de grains subidiomorphes à xénomorphes de moins de 0,2 mm. On les observe à l’intérieur des grains d’amphibole ou entre les grains d’amphibole et de plagioclase.
- L’ilménite (1%) se présente sous la forme de grains xénomorphes isolés (inférieur à 0,5 mm) et interstitiels entre les autres phases présentes.
- Les sulfures disséminés (1%) se présentent généralement sous la forme de grains xénomorphes de moins de 0,2 mm composés de Po, de Cpy ou de Po-Cpy.

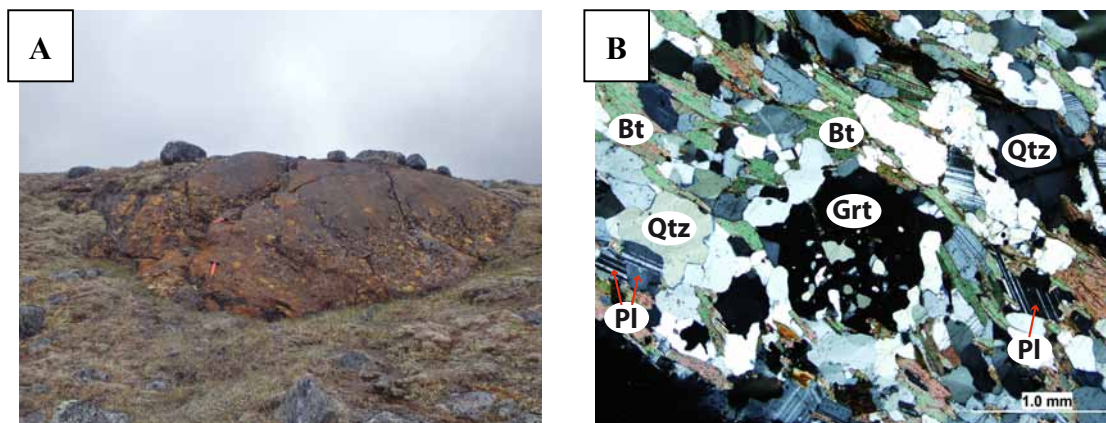


**Figure 3.11.** Photographies de l'affleurement (A) et de lame mince (B) de l'amphibolite basaltique (RPP-26-14).

#### 3.4.1.2. Les paragneiss

Les paragneiss (wackes et litharénites; figure 3.12) présentent une granulométrie fine à moyenne et une couleur brun rougeâtre ou jaunâtre en surface altérée et gris moyen en surface fraîche. Ils sont constitués des minéraux suivants :

- Le quartz (25 à 75%) se présente sous la forme de grains xénomorphes avec des bordures dentelées. La taille des grains varie de 0,2 à 1 mm. Le quartz peut contenir des inclusions de biotite localement (RPP-102-14).
- La plagioclase (20 à 25%) se présente sous la forme de grains xénomorphes d'une taille variant de 0,2 à 1 mm. Les macles polysynthétiques sont communes.
- Les micas de type biotite (5 à 25%) se présentent sous la forme des grains subidiomorphes à xénomorphes de taille variable entre 0,1 et 2 mm. Communément, les biotites contiennent des grains de zircons de taille micrométrique présentant des halos d'altérations.
- Le grenat (<1 à 5%) a été observé en lame mince dans un seul échantillon (RPP-20-14), mais il est aussi observable sur l'affleurement RPP-01-B-14. Deux générations de grenats sont observés : i) des grains xénomorphes de taille variable entre 0,5 et 2 mm et qui contiennent des inclusions de quartz; ii) des grains avec une morphologie subarrondie de taille variable entre 1 et 2 mm. Ces grains contiennent très rarement des inclusions de quartz.
- L'orthopyroxène (<1 à 30%) forme des grains subidiomorphes à xénomorphes de taille variable entre 0,5 et 3 mm. Localement, ces grains peuvent être partiellement amphibolitisés.
- Les minéraux accessoires sont le zircon, l'apatite, l'ilménite et les sulfures (pyrite et chalcopyrite).

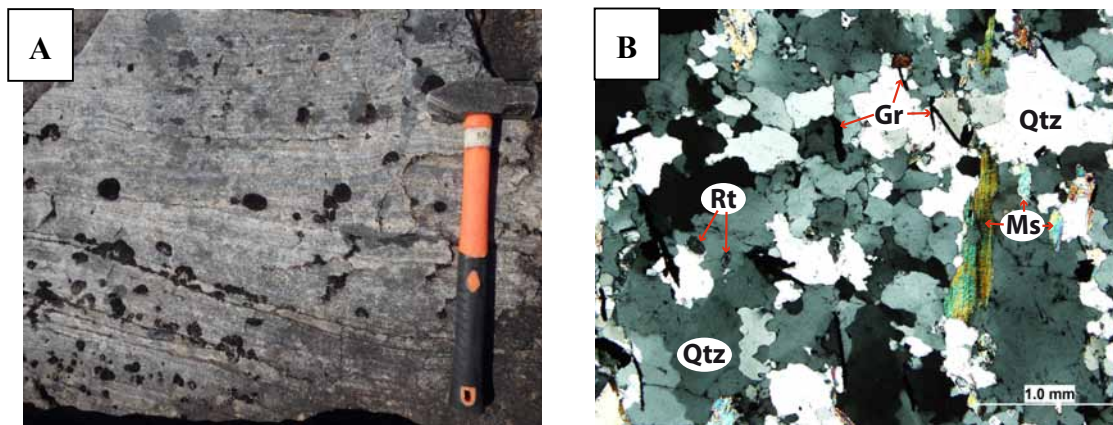


**Figure 3.12.** Photographies de l'affleurement (A; RPP-92-14) et en lame mince (B; RPP-20-14) du paragneiss.

#### **3.4.1.3. Les quartzites**

Les quartzites (quartzarénites et subarkoses; figure 3.13) présentent une granulométrie fine à moyenne et une couleur gris blanchâtre clair à moyen en surface altérée et gris moyen en surface fraîche. Elles sont composées de :

- Le quartz (75 à 85%) se présente sous la forme de grains xénomorphes avec des bordures dentelées, de façon similaire aux paragneiss. La taille des grains varie de 0,1 à 1,5 mm.
- Les feldspaths potassiques (1 à 5%) se présente sous la forme de grains xénomorphes d'une taille inférieure à 1 mm.
- Les micas de type muscovite (5 à 15%) se présentent sous la forme des grains subidiomorphes à xénomorphes de taille variable entre 0,1 et 1 mm.
- La sillimanite (jusqu'à 10%) a été observé dans un seul échantillon (RPP-143-14). Elle se présente sous la forme de fibres allongées et entrecroisées avec du quartz de taille variable entre quelques dizaines de  $\mu\text{m}$  et 3 mm.
- Le graphite (3 à 5%) se présente sous la forme de baguettes entre 0,2 et 1 mm. Ces baguettes sont généralement localisées entre les grains de quartz.
- Les minéraux accessoires sont le plagioclase, le rutile, l'ilménite et les sulfures (pyrite et chalcoppyrite).



**Figure 3.13.** Photographies de l'affleurement (A; RPP-136-14) et en lame mince (B; RPP-91-14) de la quartzite.



## CHAPITRE 4 – TEXTURES ET ANALYSE STRUCTURALE

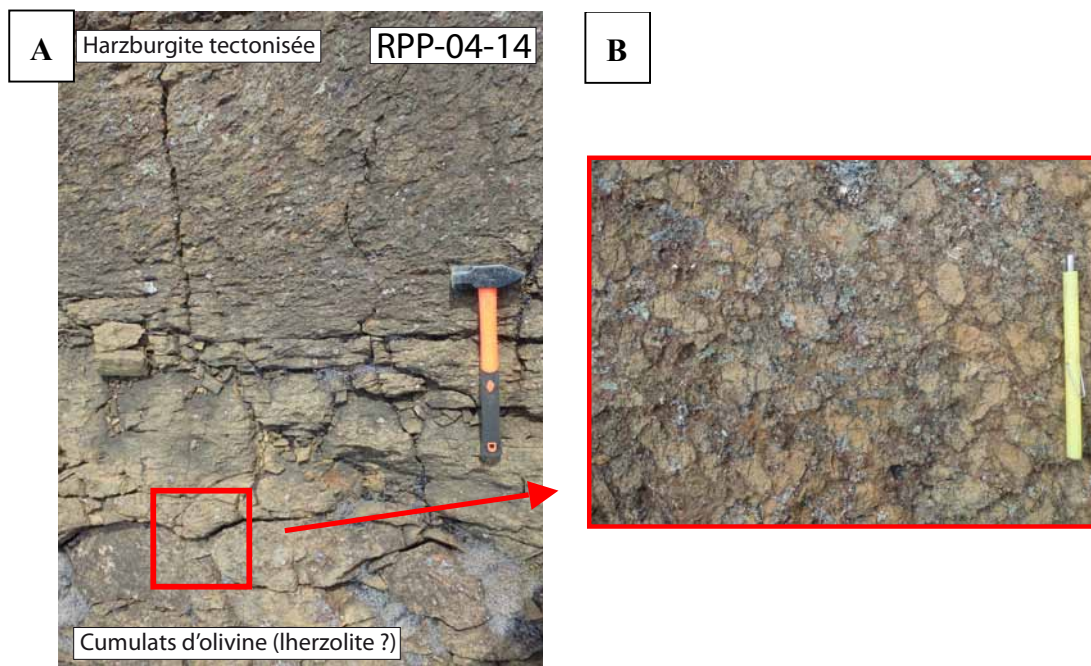
### 4.1. Textures primaires

L'altération et la déformation subies par les roches de la SMUN sont parfois intenses, mais des structures d'origine magmatique sont préservées et observées à l'échelle de l'affleurement et en lame mince. Ces textures et structures sont plus ou moins préservées ou oblitérées par l'effet du métamorphisme et de la déformation régionale.

#### 4.1.1. Observations à l'échelle de l'affleurement

Les textures primaires observées sur les affleurements ne sont pas très nombreuses à cause de l'altération des roches. Ces structures correspondent principalement à :

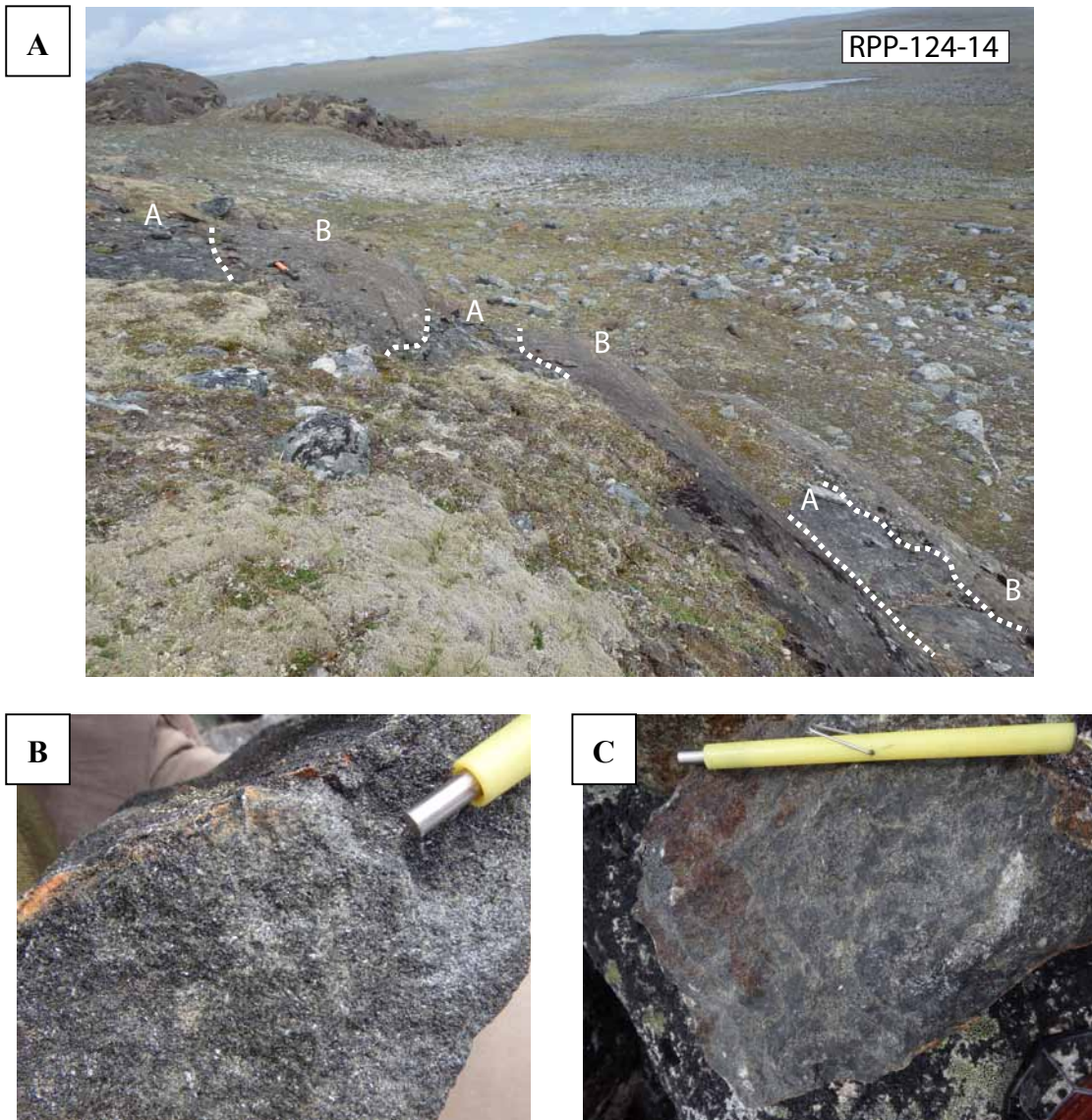
- La possible présence des faciès tectonisés en contact avec des faciès de cumulats (affleurement RPP-04-14; figure 4.1), similaire aux faciès transitionnelles entre le manteau et la croûte dans les ophiolites.



**Figure 4.1.** Photos de l'affleurement RPP-04-14 qui montrent le contact (A) entre une harzburgite d'aspect tectonisé et des faciès de cumulats composés d'olivine principalement entourée d'un matériel interstitiel intensément altéré (B; pas échantillonnable).

- La présence du litage compositionnel (affleurement RPP-124-14; figure 4.2).  
Ce litage est composé de webstérites à olivine d'origine tardive avec

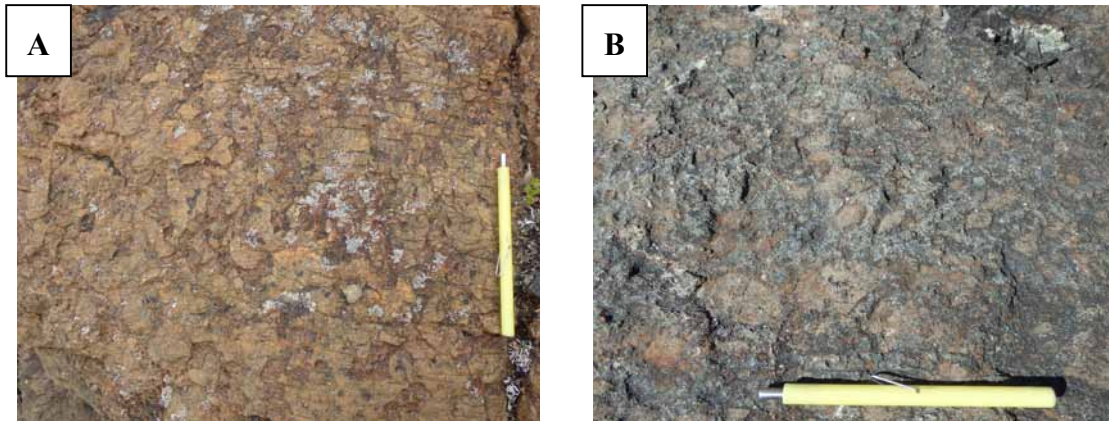
différentes proportions modales en amphibole, orthopyroxène et olivine principalement (RPP-124-A-14 : 82% Amp, 8% Ol, 8% Opx et 2% Srp; et RPP-124-B-14 : 64% Amp, 15% Srp, 10% Ol, 5% Opx, 3% Hcn et 3% Op).



**Figure 4.2.** Photos de l’affleurement RPP-124-14 qui montre le litage (lignes pointillées, A) entre deux webstérites à olivine avec différentes proportions modales en amphibole, orthopyroxène et olivine : (B) RPP-124-A-14; (C) RPP-124-B-14.

- Observations des faciès à texture de cumulats à différents endroits, généralement de façon transitionnelle entre des lherzolites, où les cumulats sont observés, et des harzburgites (e.g., affleurements RPP-04-14 (figure 4.1), RPP-09-A-14, RPP-75-14; figure 4.3A), mais aussi à l’intérieur des webstérites à olivine (e.g., RPP-142-14; figure 4.3B).



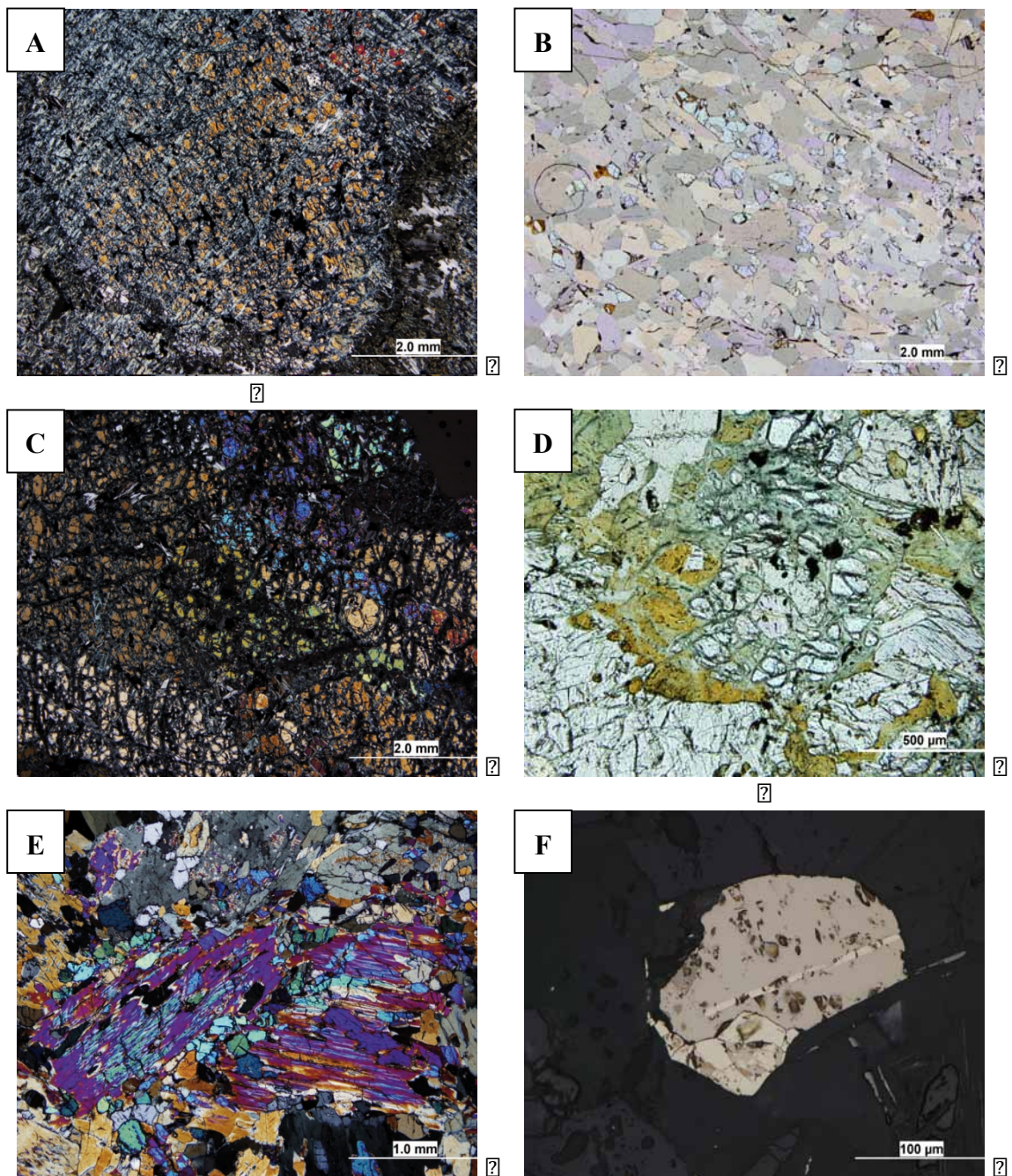


**Figure 4.3.** Photos des faciès à textures de cumulats caractérisés principalement par des cumulus d'olivine entourées d'une matrice à orthopyroxène et amphibole à grains fins. (A) Affleurement RPP-09-A-14, lherzolite; (B) Affleurement RPP-142-14, webstérite à olivine.

#### 4.1.2. *Observations en lame mince*

Certaines textures primaires sont plus facilement identifiables à l'échelle microscopique. Ces structures correspondent principalement à :

- Texture relique (figures 4.4A et 4.4B) : ce sont des textures des nouveaux minéraux qui préservent partiellement ou totalement la morphologie initiale des grains qui ont été altérés, des pseudomorphes. Cette texture est fréquemment observée dans les serpentines, qui peuvent présenter une texture en maille (altération de l'olivine; figure 4.4A) ou de bastite (altération du pyroxène). Parfois, des grains d'olivine et d'orthopyroxène se retrouvent de façon isolée dans les webstérites à olivine (figure 4.4B).
- Texture de cumulat (figure 4.4C) : généralement ces textures ne sont pas très bien préservées due à l'altération des roches, mais certaines ont préservé les cristaux cumulus originaux (e.g., RPP-77-14).
- Texture poecilitique (figure 4.4D) : il est fréquent d'observer des minéraux de la matrice inclus dans des cristaux de plus grande taille (chadocristaux). Dans le cas des textures poecilitiques d'origine magmatique, ils sont fréquemment observés avec les chromites qui sont en inclusion dans les olivines.
- Exsolutions (figures 4.4E et 4.4F) : peu fréquentes dans les phases silicatées où elles sont seulement observées dans un échantillon (RPP-62-A-14). L'amphibole de type pargasite présente des exsolutions de clinopyroxène de type diopside (figure 4.4E). Dans le cas des sulfures, les exsolutions de pentlandite sont communes dans la pyrrhotite (figure 4.4F).



**Figure 4.4.** Photos des textures primaires en lame mince : (A) Texture relique d'olivine partiellement altérée en serpentine. Échantillon RPP-59-3-14, (B) Texture relique d'olivine (même extinction pour tous les grains) sous la forme de grains isolés de haut relief entourés d'amphiboles. Échantillon RPP-124-A-14, (C) Texture cumulus de type adcumulat composé d'olivines. Échantillon RPP-77-14, (D) Texture poecilitique à chadocrists de chromite dans des reliques d'olivine (au centre), entourés de serpentine et amphibole. Échantillon RPP-01-A-14, (E) Exsolutions de clinopyroxène de type diopside dans des amphiboles de type pargasite. Échantillon RPP-62-A-14, (F) Exsolutions de pentlandite (jaune moyen clair) dans la pyrrhotite (jaune grisâtre clair). Échantillon RPP-73-14.



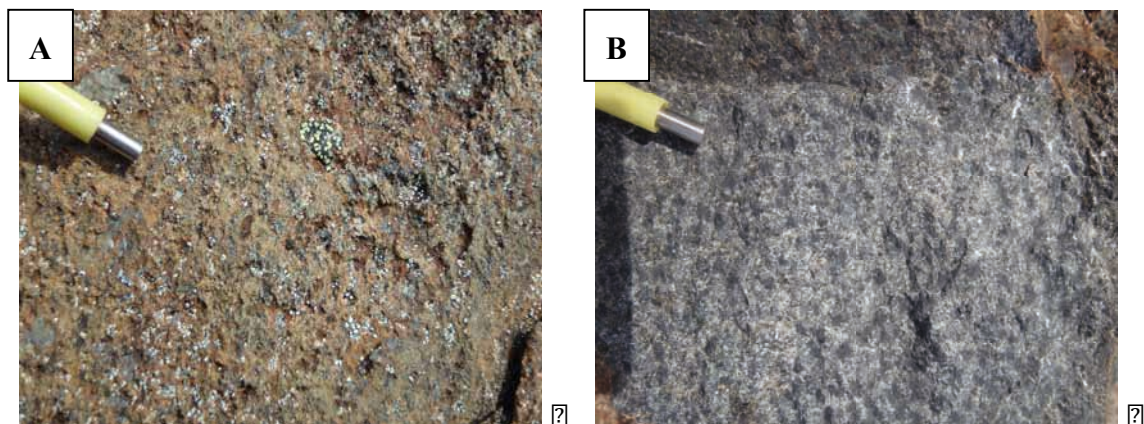
## 4.2. Textures et structures secondaires

Les processus d'altération et le métamorphisme modifient les textures primaires des roches. Ces nouvelles textures oblitèrent généralement les textures primaires en raison des changements des conditions de pression et/ou de température, qui amènent la formation des nouveaux minéraux stables dans les nouvelles conditions.

### 4.2.1. Observations à l'échelle de l'affleurement

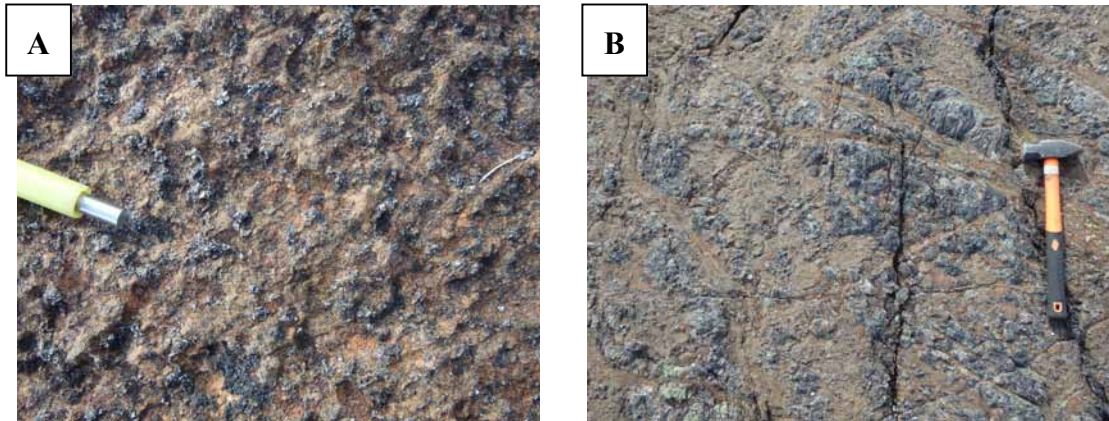
Les textures secondaires dérivées du métamorphisme pouvant être observées correspondent principalement à l'altération des roches ultramafiques lors de la détérioration des minéraux primaires. Également, d'autres textures secondaires dérivées du métamorphisme ont aussi été observées sur le terrain et en lame mince. Ces textures correspondent principalement à :

- Les affleurements ultramafiques de la SMUN présentent toujours une couleur brun ocre moyen ou chamois moyen en surface altérée (figure 4.5A), alors que les cassures fraîches présentent généralement des teintes verdâtres (figure 4.5B) qui soulignent généralement la présence des minéraux tels que la serpentine et/ou l'amphibole.



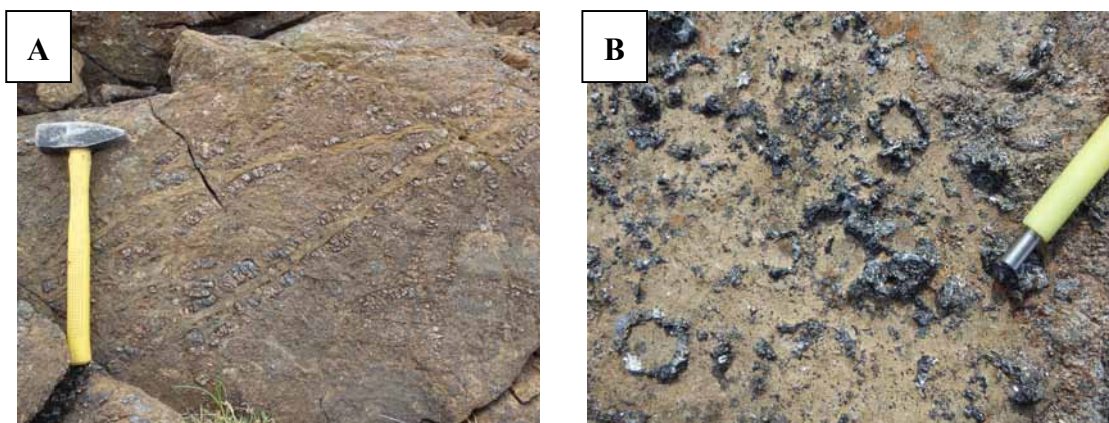
**Figure 4.5.** Photos de l'affleurement RPP-65-14 qui montrent la patine chamois en surface altérée (A) typique de l'altération des roches ultramafiques et la patine verdâtre en surface cassée (B). Dans cette dernière, la couleur verdâtre est due à la présence de serpentine.

- La présence d'orthopyroxènes de taille très variable sur la surface altérée des affleurements, généralement entre 1-2 cm et 30 cm (figure 4.6), suggère une recrystallisation métamorphique de ces phases (plus de détails seront décrits au chapitre 6 : *Chimie minérale*).



**Figure 4.6.** Photos des l'affleurements RPP-01-A-14 (A) et RPP-145-14 (B) qui montrent des orthopyroxènes de taille très variable généralement d'aspect blanchâtre et en relief positif sur les affleurements.

- La présence de couronnes d'orthopyroxène autour des reliques d'olivine partiellement serpentinisées (figure 4.7). Les couronnes soulignent généralement des réactions rétrogrades dues à un changement des conditions métamorphiques (Winter, 2001). L'observation à l'échelle de l'affleurement de ces couronnes peut suggérer un processus métamorphique rétrograde commun dans les roches anhydres de haut grade (*coronites* en anglais; Winter, 2001).



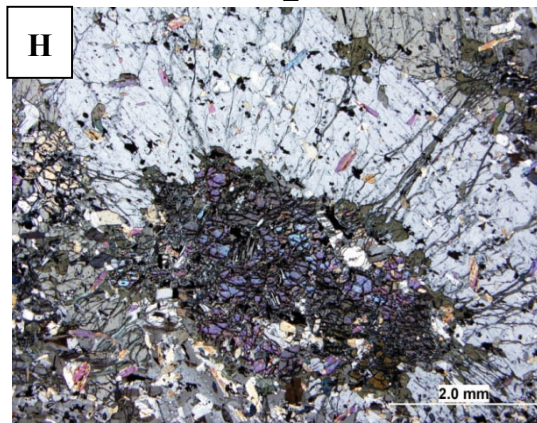
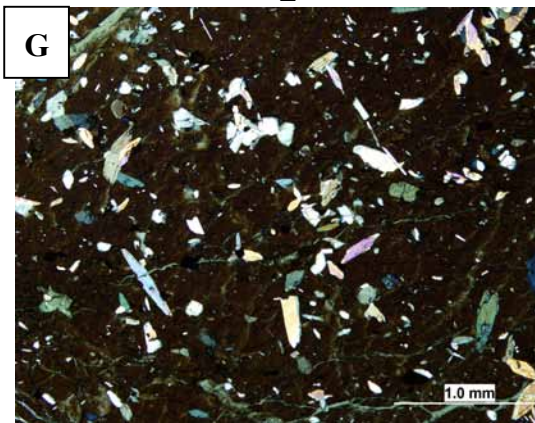
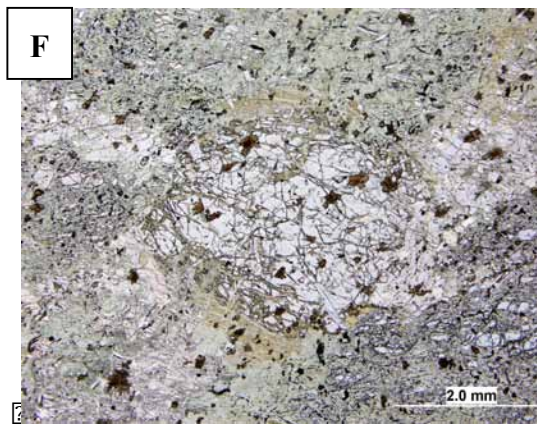
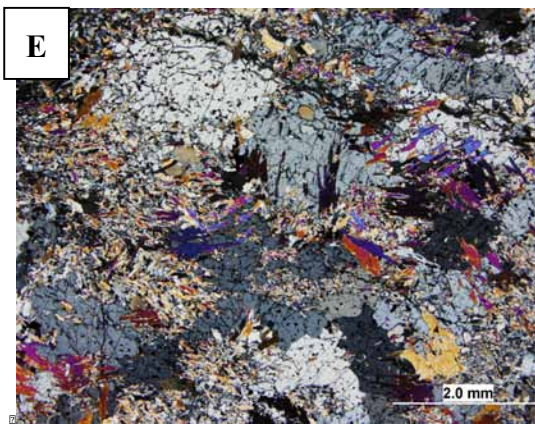
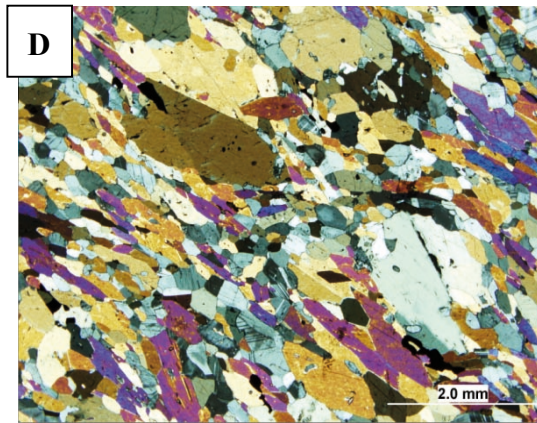
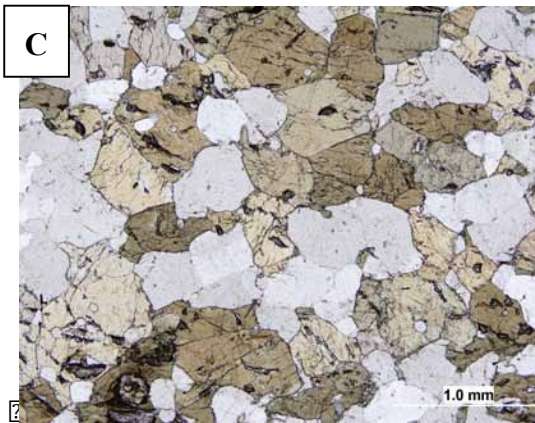
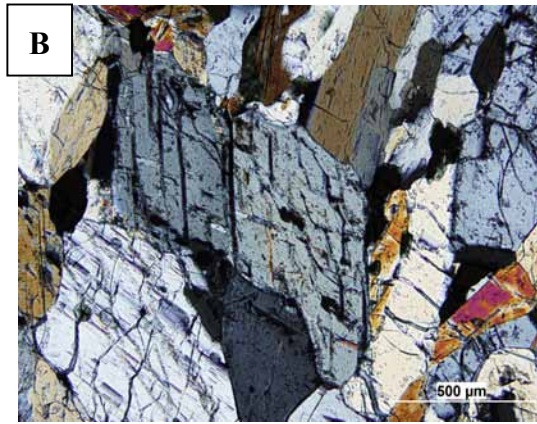
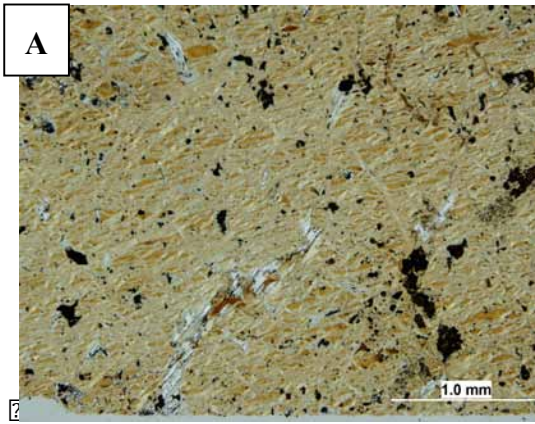
**Figure 4.7.** Photos des l'affleurements RPP-51-14 (A) et RPP-145-14 (B) qui montrent des couronnes d'orthopyroxènes de taille variable autour des reliques d'olivine partiellement serpentinisées.

#### 4.2.2. *Observations en lame mince*

Les textures secondaires, de façon similaire aux textures primaires, sont plus facilement identifiables à l'échelle microscopique. Ces textures correspondent principalement à :

- Texture de remplacement : des minéraux néoformés remplacent des minéraux réactants par des minéraux produits plus stables dans les nouvelles conditions de pression et/ou de température. Des exemples sont le remplacement de l'olivine et/ou du pyroxène par de la serpentine (serpentinisation, figure 4.8A) et le remplacement du pyroxène par de l'amphibole (ouralitisation, figure 4.8B).
- Texture granoblastique : commune dans les roches mafiques, où les grains de plagioclase et d'amphibole (figure 4.8C) forment des jonctions triples à 120°.
- Texture nématoblastique : développée dans les roches qui contiennent de l'amphibole (figure 4.8D). Les grains sont orientés avec un allongement majeur des faces prismatiques, parallèles entre eux.
- Texture porphyroblastique : cette texture est surtout développée dans les orthopyroxènes des roches ultramafiques, qui atteignent des tailles variables entre 1-2 cm (figure 4.8E) jusqu'à 30 cm (figure 4.6B) et dans les grenats présents dans les métasédiments des alentours.
- Texture poecilitique : dans le cas des textures poecilitiques d'origine métamorphique, ils sont fréquemment observées dans les chromites qui sont incluses dans les pseudomorphes d'olivine transformées en serpentine (figure 4.4D) ou dans les orthopyroxènes (figure 4.8F) et dans les amphiboles incluses dans les orthopyroxènes (figure 4.8G).
- Texture coronitique : la même texture qui a été observée à l'échelle de l'affleurement. Généralement, il s'agit d'une bordure de réaction développée lors de la réaction d'un minéral avec la matrice. Dans les roches de la SMUN, les couronnes semblent provenir d'un simple processus de recristallisation. Elle est observée sous la forme de grains d'olivine entourés d'une couronne d'orthopyroxène (figure 4.8H).





**Figure 4.8.** Photos des textures secondaires en lame mince : (A) Serpentine à texture de maille remplaçant de l'olivine. Échantillon RPP-09-A-14, (B) Ouralitisation du pyroxène (développement du clivage typique des amphiboles). Échantillon RPP-87-14, (C) Texture granoblastique entre les grains de plagioclase et d'amphibole. Échantillon RPP-111-14, (D) Texture nématoblastique, orientation préférentielle des grains d'amphibole. Échantillon RPP-26-14, (E) Porphyroblastes d'orthopyroxène (de couleur grisâtre). Échantillon RPP-66-14, (F) Texture poecilitique à chadocristaux de chromite inclus dans l'orthopyroxène. Échantillon RPP-146-14, (G) Texture poecilitique à chadocristaux d'amphibole incluses dans l'orthopyroxène. Échantillon RPP-145-14, (H) Couronne d'orthopyroxène (avec des chadocristaux d'amphibole) développée autour de l'olivine. Échantillon RPP-145-14.

### 4.3. Textures d'origine incertaine

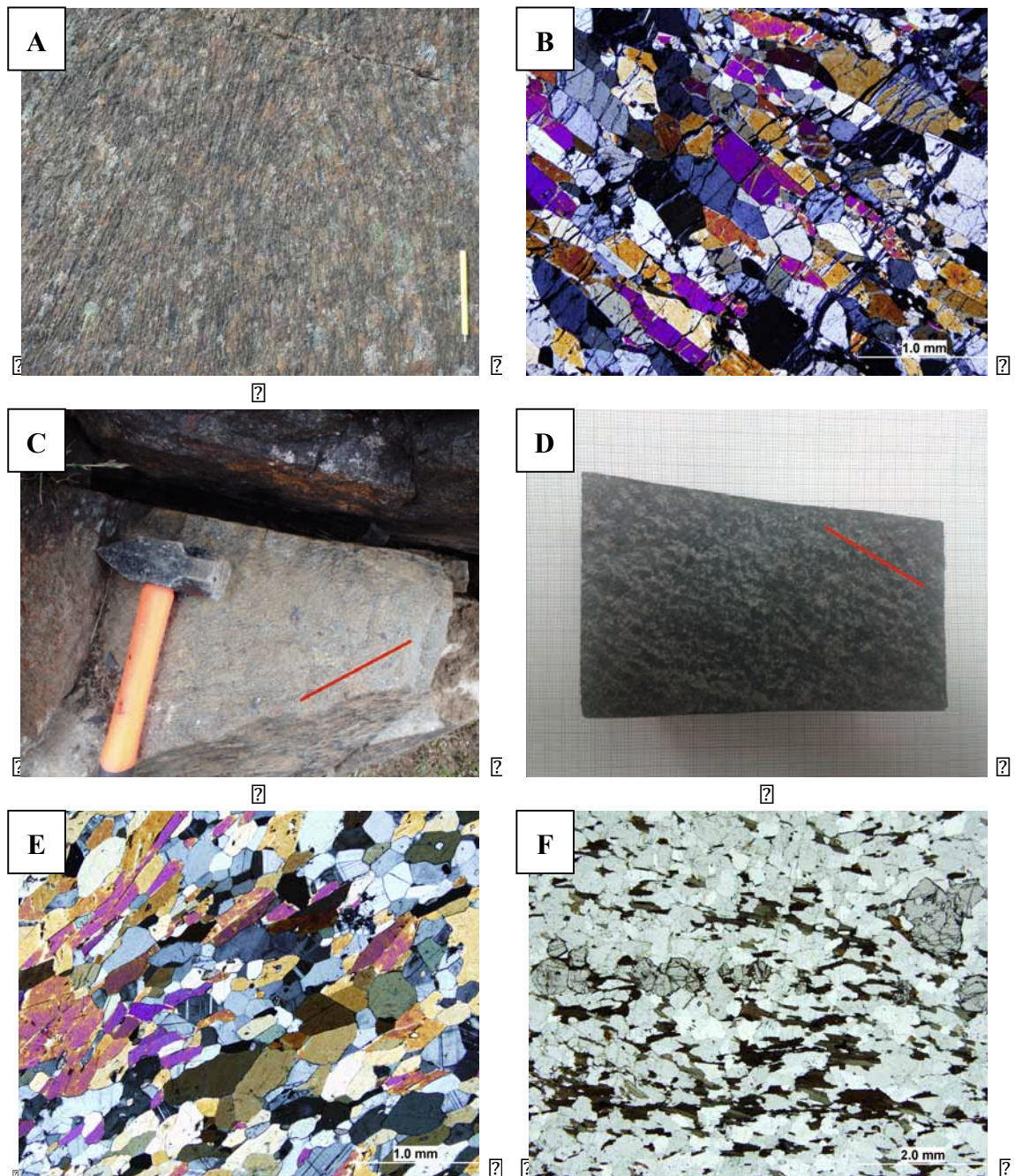
Les roches ultramafiques et mafiques de la SMUN, ainsi que les roches de la séquence volcano-sédimentaire des alentours (GLH), présentent souvent des fabriques planaires (foliation) et linéaires (linéation minérale). Ces structures sont généralement reliées à des événements de déformation à l'échelle locale ou régionale, mais elles peuvent aussi avoir une origine magmatique. Dans les cas des ophiolites, les péridotites mantelliques peuvent montrer un fluage en raison de la déformation ductile, tandis que les cumulats de la base de la croûte peuvent montrer une foliation magmatique en raison de l'écoulement ou du mouvement du magma, qui aligne les minéraux.

Les roches de la SMUN pourraient présenter un fluage mantellique, mis en évidence par la possible présence des faciès tectonisés en contact avec des faciès à texture de cumulats (affleurement RPP-04-14, figure 4.1). L'intense altération de l'affleurement a empêché son échantillonnage. Un seul échantillon correspondant au niveau de harzburgite fut récolté, mais il est intensément serpentinisé. Par conséquent, la présence d'une foliation mantellique reste incertaine.

Toutefois, une foliation générale est développée dans les roches mafiques et ultramafiques de la SMUN. Cette fabrique est surtout visible dans les gabbros et les pyroxénites qui contiennent majoritairement de l'amphibole, le minéral qui définit la foliation (figures 4.9A et 4.9B). Dans les péridotites, la foliation nord à nord-est – sud à sud-ouest est aussi visible, mais l'altération et la taille des grains rendent difficile son observation en lame mince (figures 4.9C et 4.9D).

Les roches du GLH présentent généralement une foliation bien développée définie par l'amphibole dans les amphibolites basaltiques (figure 4.9E) et par les micas et le graphite dans les faciès métasédimentaires (figure 4.9F). De la même manière, les roches de ce groupe présentent des textures granoblastiques.





**Figure 4.9.** Photos de la fabrique de déformation des roches de la SMUN et du GLH : (A) Foliation à l'échelle de l'affleurement d'une webstérite à olivine appartenant à la SMUN. Affleurement RPP-120-A-14, (B) Affleurement précédent en lame mince où les amphiboles montrent une orientation préférentielle, (C) Foliation sur l'affleurement RPP-73-14, appartenant à la SMUN (ligne rouge), (D) Échantillon de l'affleurement précédent où nous observons une foliation définie principalement par de la serpentine (ligne rouge), (E) Foliation définie par les amphiboles et les plagioclases dans l'amphibolite basaltique du GLH. Échantillon RPP-26-14, (F) Foliation définie par les biotites dans les métasédiments du GLH. Échantillon RPP-20-14.

La déformation des roches du GLH s'est clairement développée lors de la déformation régionale, mais la déformation des roches de la SMUN n'est pas

convaincante. Afin de déterminer si la foliation de ces roches est aussi reliée à la déformation régionale un étude structurale plus détaillé est nécessaire.

#### 4.4. Géologie structurale

Les roches de la SMUN et les roches des alentours semblent enregistrer les différents évènements tectonométamorphiques qui affectent la région lors du développement des orogènes des Torngat et du Nouveau-Québec.

La récolte des données structurales des roches de la SMUN sur le terrain peut être restreinte à cause de certaines limitations, comme le magnétisme des roches ultramafiques ou la faible abondance des roches mafiques. Malgré ces limitations, des mesures structurales ont pu être réalisées dans les roches de la SMUN et du GLH.

La figure 4.10 montre la représentation graphique des données structurales de la foliation des roches ultramafiques (figure 4.10A) et mafiques (figure 4.10B) de la SMUN et des roches métasédimentaires (figure 4.10C) du GLH. Les données des roches mafiques de la SMUN et des roches métasédimentaires du GLH montrent une distribution similaire, alors que les roches ultramafiques de la SMUN présentent un patron différent. Cette variation pourrait être reliée au différent comportement rhéologique des roches ultramafiques, plus réfractaires, par rapport aux autres roches ou à une déformation que n'a rien à voir avec la déformation régionale.

Le patron de distribution des données structurales des roches ultramafiques suggère une distribution nord – nord-est du plan axial de la foliation et un pendage fort vers l'est (N23°E/75°). Deux linéations d'étirement minéral ont été mesurées et rapportent des orientations de 13°→N198°E et 45°→N005°E, donc des orientations variables sur un plan approximatif nord-sud avec des plongées faibles à modérées.

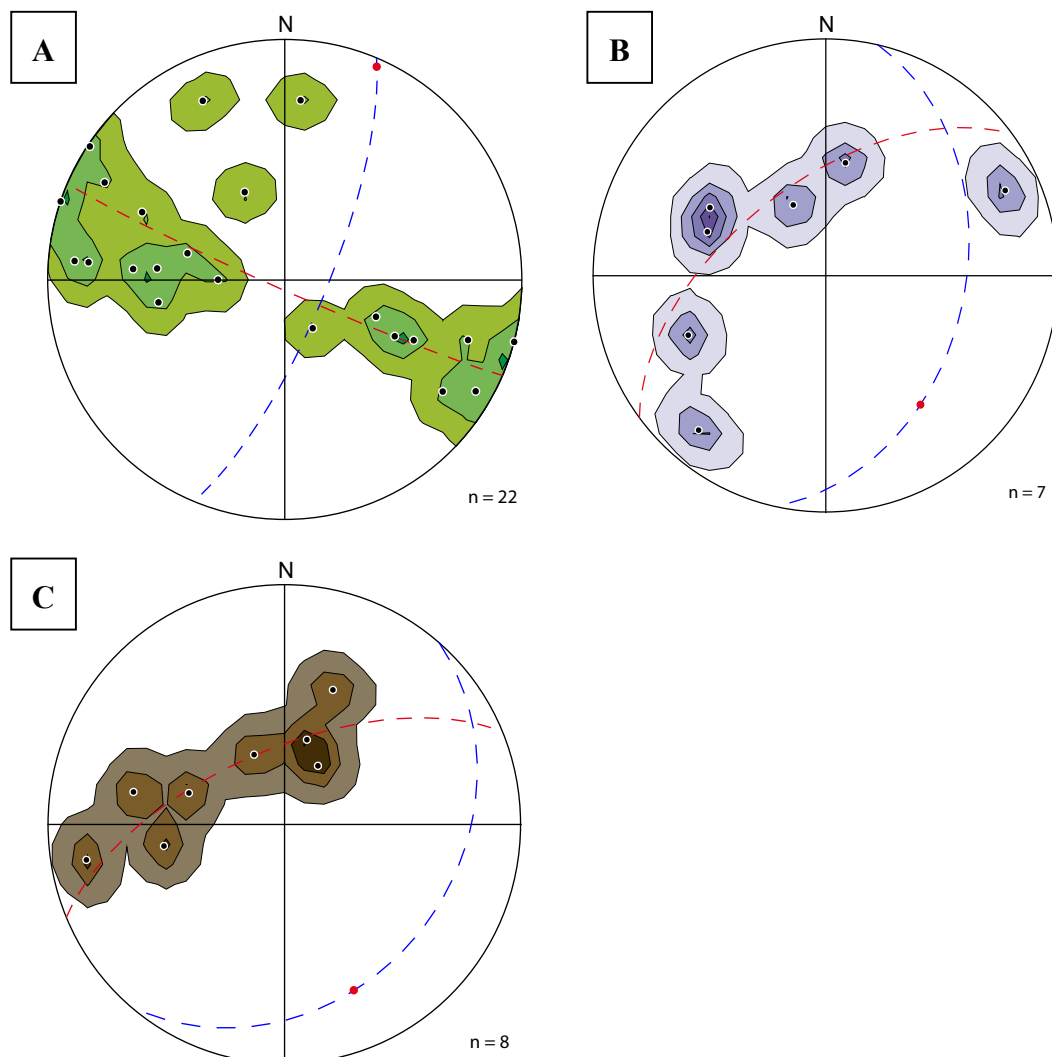
Les données structurales des roches mafiques montrent une orientation du plan axial de la foliation vers le nord-est – sud-ouest et un pendage modéré vers l'est (N13°E/40°). Des linéations d'étirement minéral n'ont pas été mesurées sur ces roches.

La distribution des mesures des roches métasédimentaires suggère une orientation nord-est – sud-ouest du plan axial de la foliation et un pendage faible vers l'est (N41°E/29°). Les deux linéations d'étirement minéral mesurées rapportent des orientations de 3°→N155°E et 5°→N160°E, donc orientées vers le sud-est et avec des plongées très faibles.

Ces données sont comprises dans le domaine structural 3 défini par Lafrance et al. (2015). Le domaine 3 correspond à la partie est de la Zone Noyau, à proximité du

Couloir de Déformation de Blumath. Ce domaine est subdivisé en 3 sous-domaines, où les roches de la SMUN sont localisées dans le domaine 3a, le plus à l'est. Cette zone est caractérisée par des pôles de la foliation d'orientation nord-sud, pendage modéré vers l'est ( $N355^{\circ}E/49^{\circ}$ ) et un axe théorique de plis sub-horizontale d'orientation sud ( $N166^{\circ}E/10^{\circ}$ ). Les linéations d'étirement minéral observées sont principalement orientées vers le sud, avec des plongées faibles à modérées ( $7^{\circ}$  à  $40^{\circ}$ ).

Les résultats des données structurales présentent certaines variations par rapport au domaine 3a. Les roches mafiques de la SMUN montrent des similitudes avec le domaine 3b (où les foliations sont orientées nord-est – sud-ouest; plan moyen de la foliation vers  $N017^{\circ}E/32^{\circ}$ ). Cependant, les roches métasédimentaires du GLH présentent des caractéristiques similaires au domaine 3c (où les foliations sont caractérisées par une direction nord-est à faible pendage vers l'est; plan moyen de la foliation vers  $N033^{\circ}E/25^{\circ}$ ).





**Figure 4.10.** Projections stéréographiques. Mesures de la foliation dans les roches ultramafiques (A) et dans les roches mafiques (B) et dans les roches métasédimentaires du GLH (C). La ligne bleue discontinue représente le plan moyen de la foliation définie par les pôles, la ligne rouge représente le plan moyen qui contient les pôles et le point rouge représente l'axe théorique des plis.

La distribution graphique des pôles suggère la présence à l'échelle régionale de plis asymétriques avec un plan axial incliné. Cette distribution est calculée à partir du point d'intersection moyen entre les plans axiaux de la foliation (figure 4.10, point rouge). Pour les roches ultramafiques l'axe théorique des plis est clairement différent des autres roches, vers le nord – nord-est à  $N24^{\circ}E/04^{\circ}$ . Par contre, les roches mafiques et les métasédiments montrent des axes des plis vers le sud – sud-est :  $N143^{\circ}E/32^{\circ}$  et  $N157^{\circ}E/25^{\circ}$  respectivement. Ce plissement régional peut s'observer sur les roches mafiques de la SMUN et les roches métasédimentaires du GLH, dans lesquelles des plis ouverts à fermés (figure 4.11A) et ondulants à ouverts (figure 4.11B), respectivement, sont observés. Dans le cas des roches ultramafiques, le plissement est observé localement dans les zones de déformation intense (figure 4.11C), sous la forme de plis fermés à axes sub-verticaux (figure 4.11D). Ceci ne correspond pas à la déformation observée dans la région, mais plutôt à des zones mylonitisées. Les mesures d'axes de plis des différentes unités ne sont pas montrées dû au faible nombre de mesures prises sur le terrain (1 à 2 mesures par unité).





**Figure 4.11.** Photos de plis observés sur le terrain : (A) Axe de pli ouvert et plongeant observé dans les roches mafiques de la SMUN. Affleurement RPP-48-14, (B) Axe de pli ondulant et sub-horizontal observé sur une alternance de paragneiss et de quartzite du GLH. Affleurement RPP-118-14, (C) Zone de mylonitisation locale observée dans les roches ultramafiques de la SMUN. Affleurement RPP-53-14, (D) Axe de pli fermé et sub-vertical observé dans les roches ultramafiques de la SMUN, dans le prolongement de l'affleurement RPP-53-14. Affleurement RPP-49-14.

## CHAPITRE 5 – GÉOCHIMIE SUR ROCHE TOTALE

### 5.1. Méthodes analytiques

Différentes méthodes analytiques ont été employées pour la lithogéochimie des roches de la SMUN. L'annexe 2 présente une liste de tous les échantillons et méthodes analytiques utilisées.

Les analyses géochimiques sur roche totale de l'ensemble des échantillons ont été réalisées dans deux laboratoires (annexes 2A, 2B, 2C et 2D) :

i) le laboratoire *Activation Laboratory LTD.*, à Ancaster (Ontario) pour les éléments majeurs, mineurs et traces à partir des différentes méthodes :

- *Fusion-Inductively Coupled Plasma (FUS-ICP)* pour les éléments majeurs et certains mineurs et traces (Sr, Ba, V, Be) et *Fusion-Mass Spectrometer (FUS-MS)* pour les éléments mineurs et traces.
- *Total Digestion-Inductively Coupled Plasma (TD-ICP)* pour certains éléments mineurs et traces (Cd, Cu, Ag, Ni, Mo, Zn, S).
- *Instrumental Neutron Activation Analyses (INAA)* pour certains éléments traces (Au, As, Br, Cr, Sc, Sb, Se).

ii) les analyses des ÉGP et de l'Au ont été réalisées au LabMaTer (Laboratoire des Matériaux Terrestres; annexe 2E) de l'UQAC par la méthode de pyro-analyses au sulfure de Ni décrite dans Savard et al. (2010).

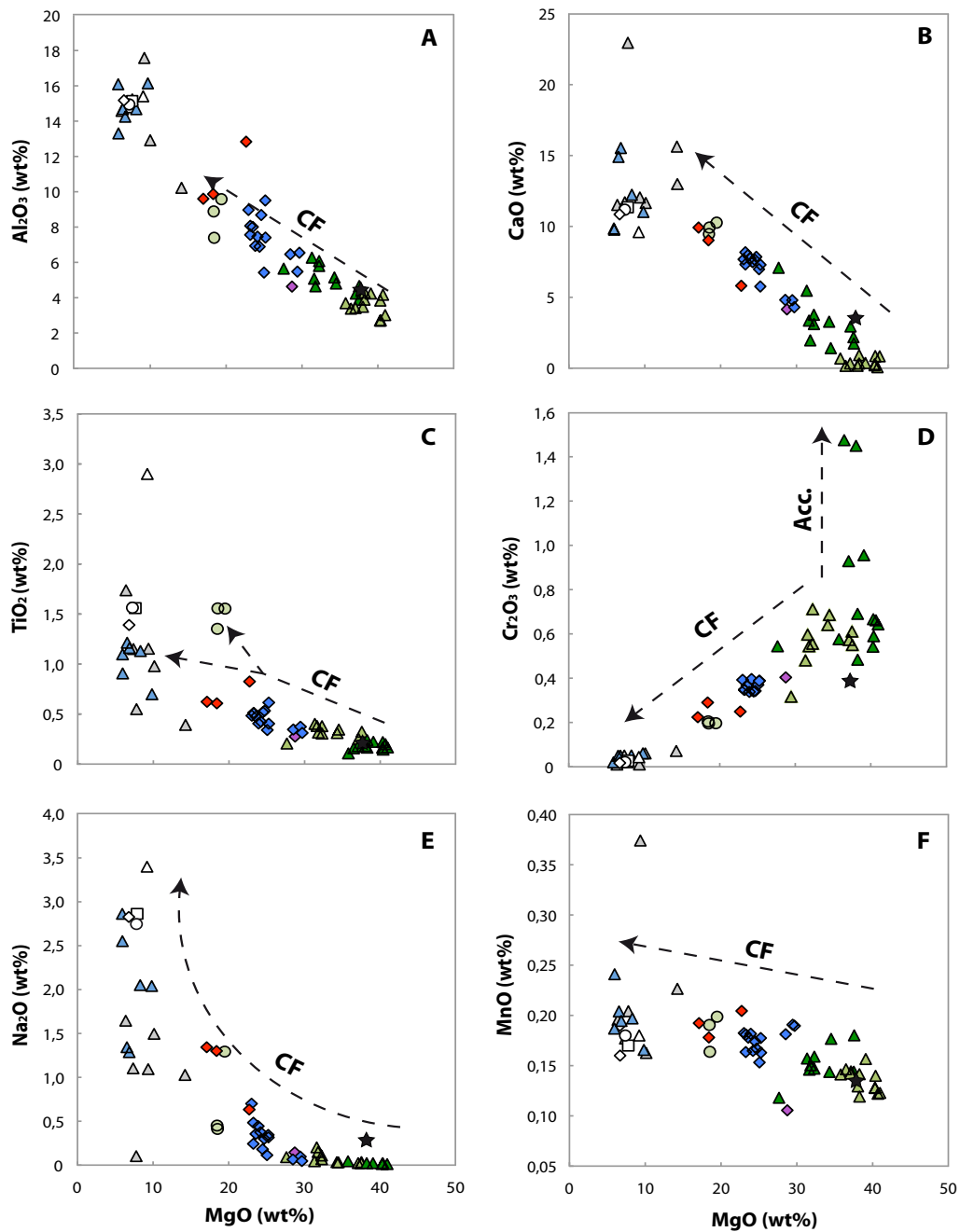
Afin d'atténuer l'effet de l'altération subie par les roches sur les éléments majeurs et mineurs (Cr, P, Ti), les résultats des analyses ont été recalculés à 100% anhydre.

### 5.2. Diagrammes de variation des éléments majeurs et mineurs

Les concentrations des éléments majeurs et mineurs varient de façon homogène lorsqu'ils sont comparées aux teneurs en MgO.

Généralement, on observe dans les diagrammes binaires une corrélation négative entre MgO, utilisé comme indice de différenciation, et Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, TiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O et MnO (figure 5.1A, 5.1B, 5.1C, 5.1E et 5.1F respectivement), et une corrélation positive entre Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et MgO (figure 5.1D). Ces tendances reflètent les effets de la cristallisation fractionnée au cours de l'évolution des magmas. Certaines roches ne suivent pas la tendance de cristallisation fractionnée suivie par les autres roches de la SMUN.

Certaines webstérites à olivine montrent un léger enrichissement en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (figure 5.1A) et en  $\text{TiO}_2$  (figure 5.1C). Les amphibolites montrent aussi un enrichissement en  $\text{TiO}_2$  (figure 5.1C). De plus, certaines harzburgites semblent refléter un processus d'accumulation de chromite (figure 5.1D).



**Ultramafiques :**

- ▲ Harzburgite
- ▲ Lherzolite
- ◆ Webstérite
- ◆ Webstérite à olivine
- ◆ Webstérite à olivine tardive
- ★ Manteau primitif

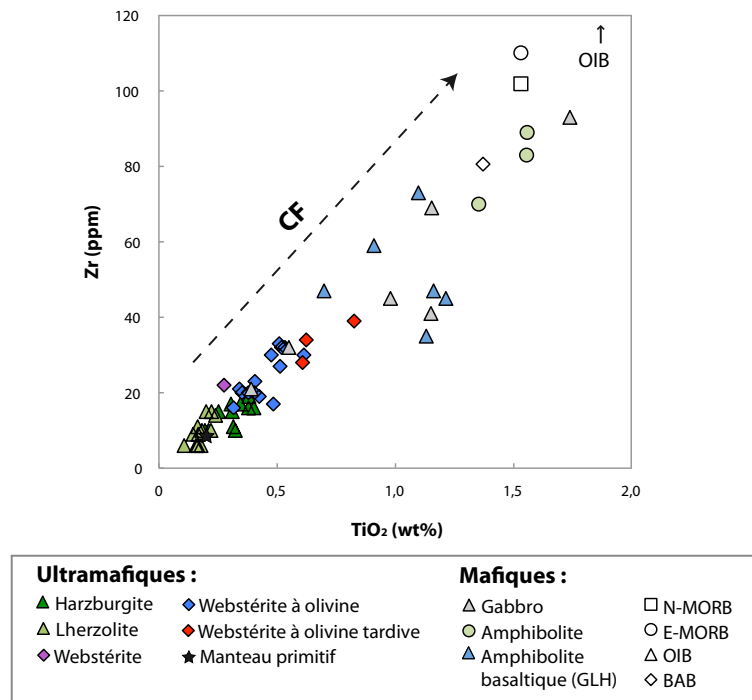
**Mafiques :**

- ▲ Gabbro
- Amphibolite
- ▲ Amphibolite basaltique (GLH)
- N-MORB
- E-MORB
- ▲ OIB
- ◇ BAB

**Figure 5.1.** Diagrammes binaires : (A) Corrélation négative entre  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et  $\text{MgO}$ , (B) Corrélation négative entre  $\text{CaO}$  et  $\text{MgO}$ , (C) Corrélation négative entre  $\text{TiO}_2$  et  $\text{MgO}$ , (D) Corrélation positive entre  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  et  $\text{MgO}$ , (E) Corrélation négative entre  $\text{Na}_2\text{O}$  et  $\text{MgO}$ , (F) Corrélation positive entre  $\text{MnO}$  et  $\text{MgO}$ . Données du manteau primitif de Lyubetskaya et Korenaga (2007), données des MORB et BAB de Gale et al. (2013) et données des OIB de Juteau et Maury (2008). CF : cristallisation fractionnée; Acc. : Accumulation.

Dans la figure 5.1, les valeurs du manteau primitif et de différents types de basaltes sont représentées afin de les comparer avec les roches de la SMUN et du GLH. Les harzburgites sont les roches qui présentent une similitude avec le manteau primitif. Elles présentent des valeurs similaires en  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  et  $\text{MnO}$  par rapport au manteau primitif. Des faibles variations sont observées dans le cas du  $\text{CaO}$  et du  $\text{Na}_2\text{O}$  possiblement à cause de l'altération, tandis que la variation en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  pourrait être relié à un processus d'accumulation de chromite. Les différents amphibolites basaltiques montrent des valeurs similaires entre eux, à exception du  $\text{TiO}_2$  et faiblement le  $\text{Na}_2\text{O}$ . Les gabbros de la SMUN et les amphibolites basaltiques du GLH montrent des valeurs similaires aux basaltes de type N-MORB, E-MORB et BAB. Des données supplémentaires, comme les REE, sont nécessaires afin de connaître l'origine de ces roches.

De plus, pour confirmer le caractère consanguin des roches de la SMUN, on remarque que les deux éléments incompatibles  $\text{TiO}_2$  et  $\text{Zr}$  (figure 5.2) montrent une corrélation positive, et que les différents échantillons se répartissent sur une seule et même tendance évolutive confirmant que la SMUN est constituée d'une seule série magmatique.



**Figure 5.2.** Corrélation positive entre le Zr et le  $\text{TiO}_2$ . Données du manteau primitif de Lyubetskaya et Korenaga (2007), données des MORB et BAB de Gale et al. (2013) et données des OIB de Juteau et Maury (2008). CF : cristallisation fractionnée.

### 5.3. Diagrammes des terres rares

La composition des éléments majeurs a permis d'identifier la présence de péridotites de type harzburgite et des péridotites de type lherzolite. Parmi les harzburgites, on retrouve deux sous-groupes d'après leur signature en éléments des terres rares (REE; figure 5.3A) : i) les harzburgites appauvries en REE légères par rapport au *Depleted MORB Mantle* (DMM; Workman et Hart, 2005) avec 0,5x à 2x les valeurs chondritiques (C1) et ii) les harzburgites enrichies en REE légères par rapport au DMM (3x à 9x C1).

Les harzburgites appauvries en REE légères montrent de faibles concentrations en REE, avec un profil de REE normalisé généralement plat mais avec une anomalie négative prononcée en Eu. Leurs concentrations en REE varient entre 1x et 2x C1 pour les REE lourdes et entre 0,5x et 2x C1 pour les REE légères (figure 5.3A). Les harzburgites enrichies en REE légères montrent un profil de REE normalisé généralement plat ou avec une pente légèrement négative et une anomalie négative en Eu, mais celle-ci est moins prononcée que les harzburgites appauvries en REE légères. Leurs concentrations en REE varient entre 1x et 3x C1 pour les REE lourdes et entre 3x et 9x C1 pour les REE légères (figure 5.3A).

Les lherzolites montrent un profil de REE normalisé avec une pente légèrement négative et une anomalie négative en Eu variablement marquée (figure 5.3B). Leurs concentrations en REE varient entre 2x et 5x C1 pour les REE lourdes et entre 3x et 11,5x C1 pour les REE légères.

Les pyroxénites montrent un profil plat ou avec une pente légèrement négative. Les concentrations des REE des webstérites à olivine (figure 5.3C) varient de 3x à 8x C1 pour les REE lourdes et entre 4x et 22x C1 pour les REE légères. Les webstérites à olivine tardives présentent un profil de REE normalisé similaire à celui des webstérites à olivine précoces mais généralement plus enrichi : les concentrations des REE varient de 6x à 9x C1 pour les REE lourdes et entre 10x et 17x C1 pour les REE légères (figure 5.3C). La webstérite présente des valeurs similaires aux webstérites à olivine tardives.

Les amphibolites (figure 5.3D) montrent des profils en REE normalisés enrichis avec une pente négative. Les REE varient entre 8x et 20x C1 pour les REE lourdes et entre 50x et 70x C1 pour les REE légères. Les gabbros et les amphibolites basaltiques (figure 5.3D) montrent un profil de REE normalisé plat ou avec une pente négative, similaire à celle des amphibolites. Les concentrations moyennes en REE varient entre 5x et 50x C1. Certains peuvent montrer une anomalie positive prononcée en Eu. Les gabbros appartiennent au groupe des roches mafiques de la SMUN, alors que les amphibolites basaltiques sont considérées comme appartenant au GLH. Par contre, ces deux groupes lithologiques montrent des profils REE normalisés assez similaires (figure 5.3D), suggérant une origine commune pour ces roches.

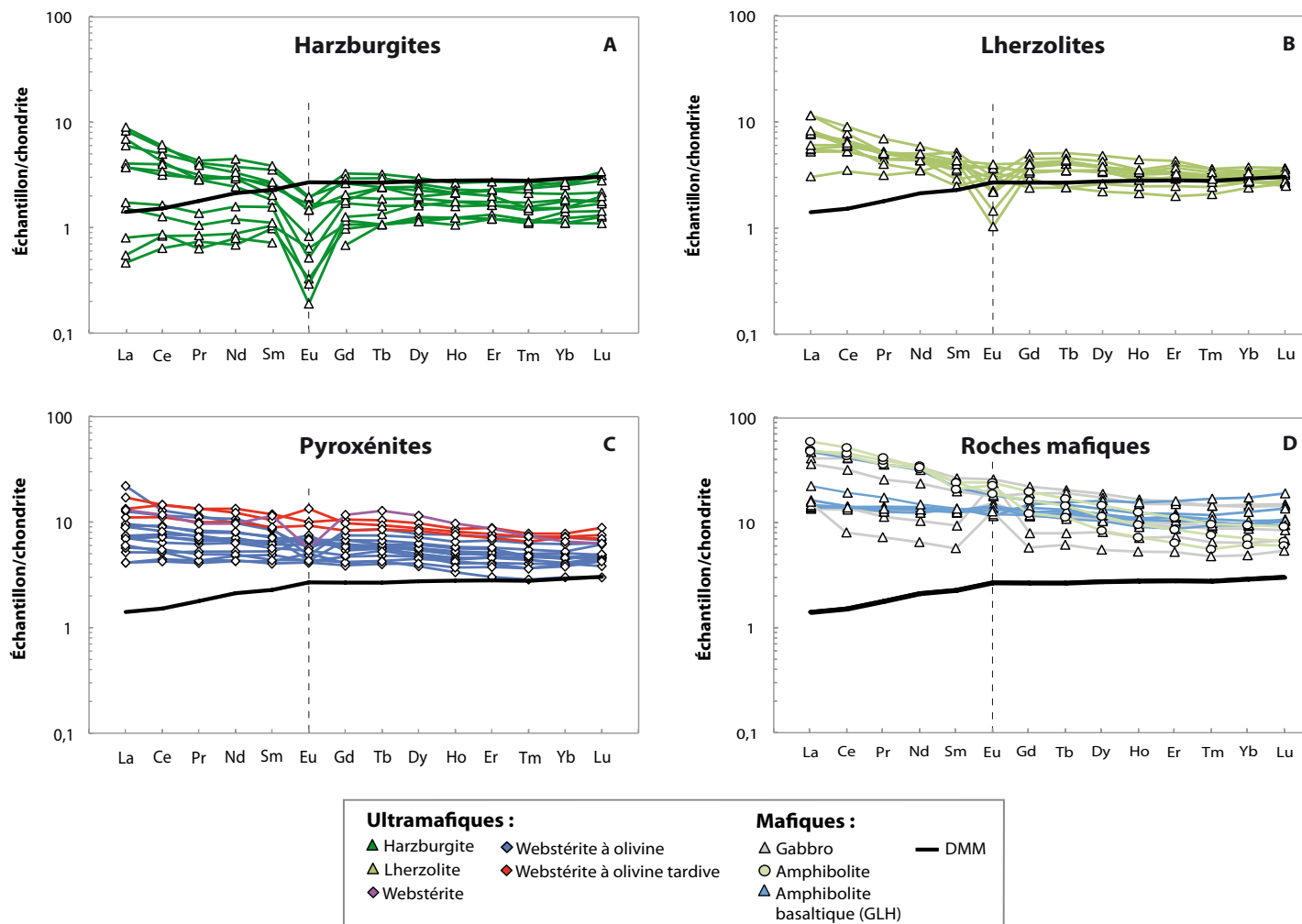
#### **5.4. Diagrammes des éléments traces**

D'après la composition des échantillons, les roches de la SMUN présentent un profil très hétérogène pour LILE (*large ion lithophile element* ou éléments lithophiles à large rayon ionique; K, Rb, Cs, Ba, Pb et Sr) et pour les LREE (*light rare earth elements* ou les terres rares légères; La, Ce et Pr). Par contre, les HFSE (*high field strength elements* ou éléments à énergie d'ionisation élevée : Nb, Ta, Zr, Hf et Ti) et les HREE (*heavy rare earth elements* ou terres rares lourdes; Ho-Lu) présentent un profil relativement homogène (figure 5.4). Cette variation est liée au comportement géochimique des éléments, c'est-à-dire à leur degré de compatibilité ou d'incompatibilité, de plus les éléments plutôt incompatibles sont plus mobiles.

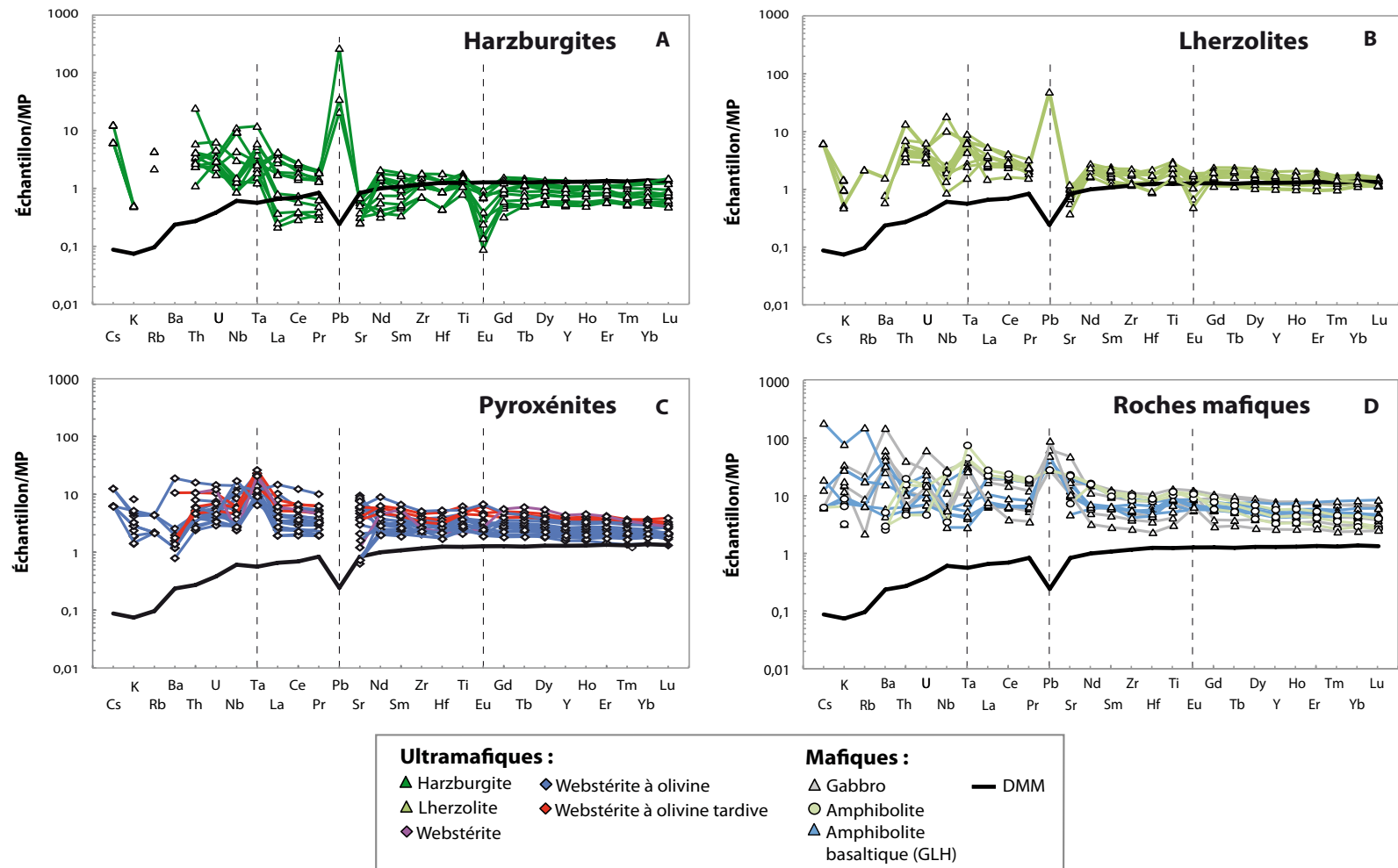
Les anomalies des LILE sont reliées à la mobilité de ces éléments (figure 5.4) lors de l'altération. Cependant, les concentrations élevées en Ta sont les résultats de la préparation des échantillons puisque la pulvérisation a été réalisée dans un contenant en carbure de tungstène qui est responsable, en plus de cet enrichissement en Ta, d'un enrichissement en W et en Co. Des anomalies positives en Pb sont observées dans toutes les roches de la SMUN, sauf dans les pyroxénites (données sous la limite de détection). Les anomalies positives en Pb sont généralement reliées à l'interaction entre le magma et le matériel crustal.

Les anomalies observées dans les HREE sont reliées à l'Eu, qui peut présenter des anomalies positives (roches mafiques), négatives (péridotites). Cependant, certaines roches ne présentent pas d'anomalie (pyroxénites). L'anomalie positive observée dans la figure 5.4D s'explique par la présence de plagioclase dans ces roches. L'anomalie négative observée dans les figures 5.4A et 5.4B pourrait s'expliquer par : i) la présence d'Eu<sup>3+</sup>, un élément mobile; ii) l'extraction de cet élément par des liquides de fusion partielle.





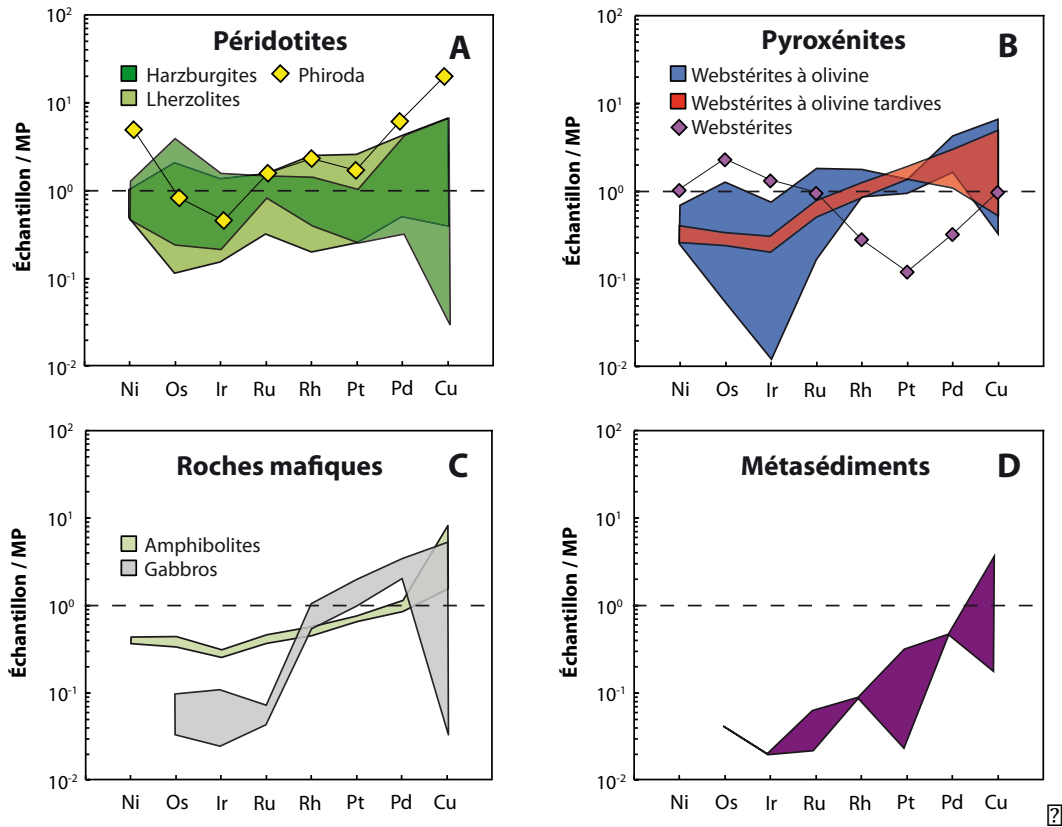
**Figure 5.3.** Profils des terres rares normalisées à la chondrite. (A) les péridotites de type harzburgite; (B) les péridotites de type lherzolite; (C) les pyroxénites; et (D) les amphibolites, les gabbros et les amphibolites basaltiques. DMM = *Depleted MORB Mantle* (Workman et Hart, 2005), les valeurs de normalisation de Sun et McDonough (1989).



**Figure 5.4.** Profils des éléments traces normalisés au manteau primitif. (A) les péridotites de type harzburgite; (B) les péridotites de type lherzolite; (C) les pyroxénites; et (D) les amphibolites, les gabbros et les amphibolites basaltiques. DMM = *Depleted MORB Mantle* (Workman et Hart, 2005), les valeurs de normalisation de Sun et McDonough (1989).

## 5.5. Diagrammes des Éléments du Groupe de Platine

La figure 5.5 montre les spectres de Ni-ÉGP-Cu des roches de la SMUN normalisés au manteau primitif (MP; McDonough et Sun, 1995; Barnes et Maier, 1999).



**Figure 5.5.** Contenu en Ni, ÉGP et Cu des roches de la SMUN normalisé au manteau primitif (MP). A : péridotites; B : pyroxénites; C : amphibolites et gabbros; et D : roches métasédimentaires aux alentours de la SMUN. Valeurs de normalisation du Ni et du Cu de McDonough et Sun (1995); valeurs de normalisation des ÉGP de Barnes et Maier (1999).

Les harzburgites (figure 5.5A) montrent des profils en ÉGP normalisés à pente légèrement positive du Ni vers le Cu. Le Ni présente des valeurs similaires ou légèrement enrichies par rapport au manteau primitif, entre 0,5x et 1,3x. Les ÉGPI (Éléments du Groupe du Platine de la famille de l'Iridium; Os, Ir, Ru) et les ÉGPP (Éléments du Groupe du Platine de la famille du Palladium; Rh, Pt, Pd) montrent respectivement des valeurs entre 0,2x et 3,7x et entre 0,3x et 4,2x par rapport au manteau primitif (MP). Le Cu présente des valeurs entre 0,03x et 6,4x MP. Les lherzolites (figure 5.5A) montrent des profils normalisés à pente positive plus marquée que celle des harzburgites. Le Ni présente des valeurs similaires ou légèrement inférieures au manteau primitif, entre 0,5x et 1x. Les ÉGPI montrent des valeurs entre 0,1x et 2x MP. Les ÉGPP présentent des valeurs entre 0,2x et 4,3x MP. Le Cu présente

des valeurs entre 0,4x et 6,6x MP, des valeurs supérieures ou égales aux harzburgites. L'indice Phiroda, composée de trois échantillons récoltés dans un rayon de 200 mètres, présente des valeurs similaires ou légèrement inférieures pour les ÉGPI par rapport au manteau primitif et des valeurs similaires dans le cas de Rh et Pt et des valeurs supérieures pour Ni, Pd et Cu par rapport aux autres péridotites.

Dans les pyroxénites, les webstérites à olivine (figure 5.5B) présentent des profils normalisés à pente positive du Ni vers le Cu. Le contenu en Ni est légèrement inférieur par rapport aux valeurs du manteau primitif, entre 0,4x et 0,65x MP. Les ÉGPI montrent des valeurs inférieures ou similaires au manteau primitif, entre 0,01x et 1,8x MP alors que les ÉGPP présentent des valeurs d'entre 0,9x et 4,2x MP. Ce groupe présente une forte anomalie négative en Ir, caractérisée par un seul échantillon (RPP-24-14). Le Cu présente de grandes variations, entre 0,3x et 6,6x MP. Les webstérites à olivine tardives (figure 5.5B) présentent également des profils normalisés à pente positive du Ni vers le Cu. Le contenu en Ni est inférieur par rapport aux valeurs du manteau primitif, entre 0,3x et 0,4x MP. Les ÉGPI montrent des valeurs inférieures ou similaires au manteau primitif, entre 0,2x et 0,8x MP, et les ÉGPP présentent des valeurs entre 0,9x et 3x MP. Le Cu, de façon similaire aux webstérites à olivine précoces, présente de grandes variations, entre 0,5x et 5x MP. La webstérite (figure 5.5B) présente un patron enrichi en ÉGPI (1x à 2x MP) et appauvri en ÉGPP (0,1x à 0,3x MP).

Les amphibolites (figure 5.5C) présentent un patron plat du Ni-ÉGPI, avec des valeurs légèrement inférieures par rapport au manteau primitif (0,25x et 0,45x MP). Entre les ÉGPP et le Cu, les profils présentent une pente positive. Les ÉGPP sont légèrement appauvris (0,5x-1,2x MP) par rapport au manteau primitif. Les roches mafiques (figure 5.5C) présentent une pente positive de l'Os jusqu'au Cu, avec un important changement entre les ÉGPI (< 0,1x MP) et les ÉGPP (entre 0,5x et 3,3x MP). Ces roches ne contiennent pas de Ni. Le Cu présente une grande variation, d'entre 0,03x et 5x MP.

Les roches métasédimentaires (figure 5.5D) sont appauvries des ÉGP par rapport au manteau primitif. Le seul élément montrant une concentration pouvant excéder le manteau primitif est le Cu : ces concentrations pourraient résulter d'un enrichissement dû à de la remobilisation hydrothermale (Cu entre 0,1x et 3,6x MP).

À la figure 5.5, le Cu montre une grande variation précédée d'une pente positive des ÉGPP jusqu'au Cu. Les variations pourraient être associées à la mobilité de ces éléments dans les fluides hydrothermaux (Gammons, 1996; Liu et McPhail, 2005).

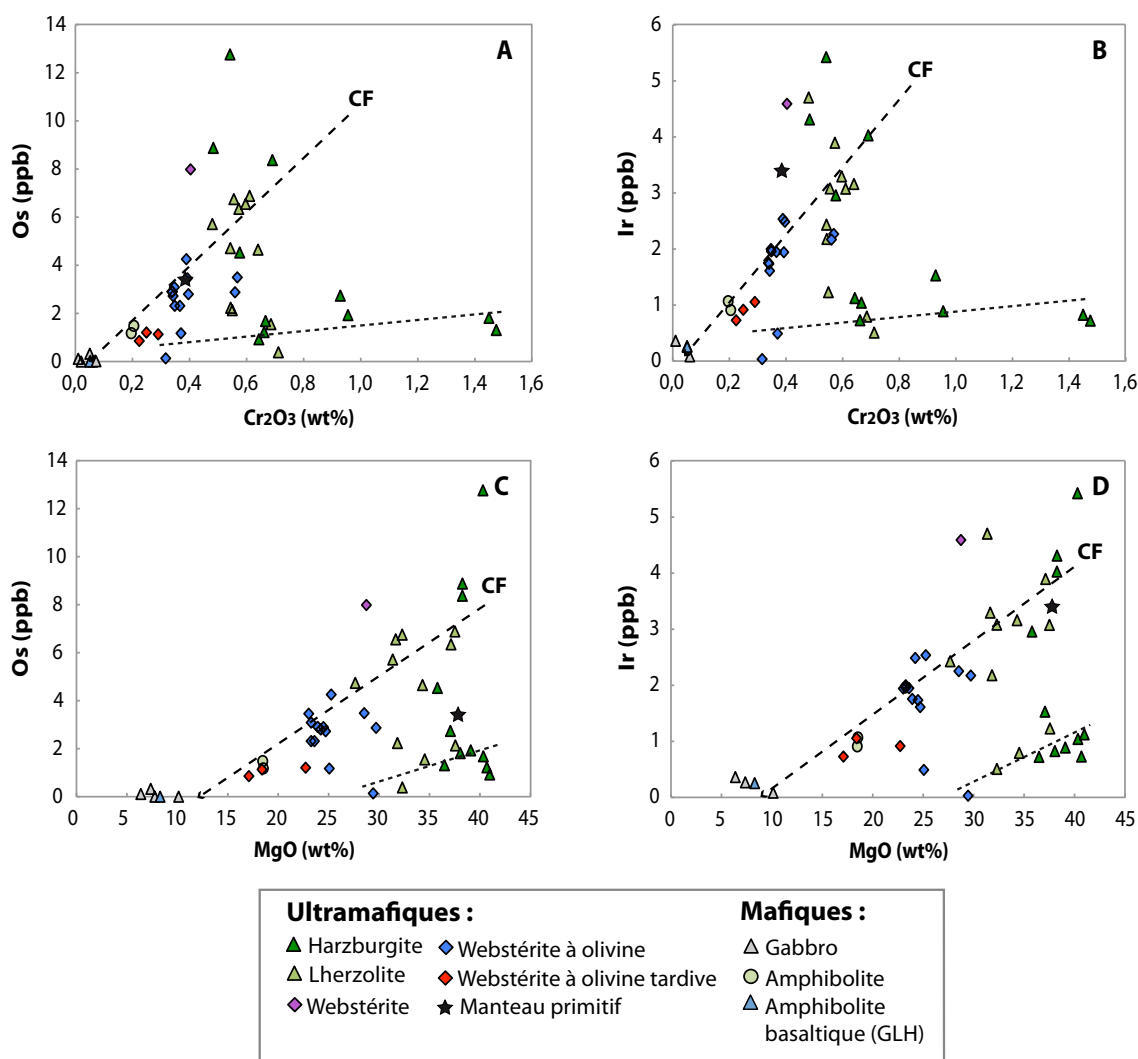
Des données expérimentales (e.g., Pan et Wood, 1994; Baker et al., 2001; Wood, 2002) et des données théoriques (Olivo et al., 2001; Cabral et al., 2002; Augé et al., 2005) ont démontré que les ÉGPP (Pt, Pd) peuvent être mobiles lors de l'altération hydrothermale et du métamorphisme de bas grade sous certaines conditions de composition et de température des fluides. Dans les cas des ÉGPI, ces éléments ne sont pas mobiles (Barnes, 2004) et donc l'anomalie négative en Ir observée dans la figure 5.5A ne peut pas être associée à l'altération. Cependant, dans le cas des ÉGP qui forment des sulfures, ces éléments peuvent être libérés au cours de l'altération des phases sulfurées (e.g., laurite) tel qu'observé dans les chromitites serpentinisées de l'ophiolite de Shetland (Irlande; Tarkian et Prichard, 1987).

Généralement, on observe dans les diagrammes binaires de la figure 5.6 deux tendances entre l'Os, Ir et Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (figure 5.6A et 5.6B respectivement) et entre l'Os, l'Ir et MgO (figure 5.6C et 5.6D respectivement). Les variations en Os et Ir peuvent être associées à l'affinité de ces éléments pour la chromite et l'olivine (Barnes et al., 1985; Brenan et al., 2005). Une de ces tendances pourrait refléter les effets de la cristallisation fractionnée (tendance CF, figure 5.6), mais certaines roches ne suivent pas cette tendance de cristallisation fractionnée et montrent un appauvrissement progressif en Cr et Mg et des valeurs relativement constantes d'Os et d'Ir.

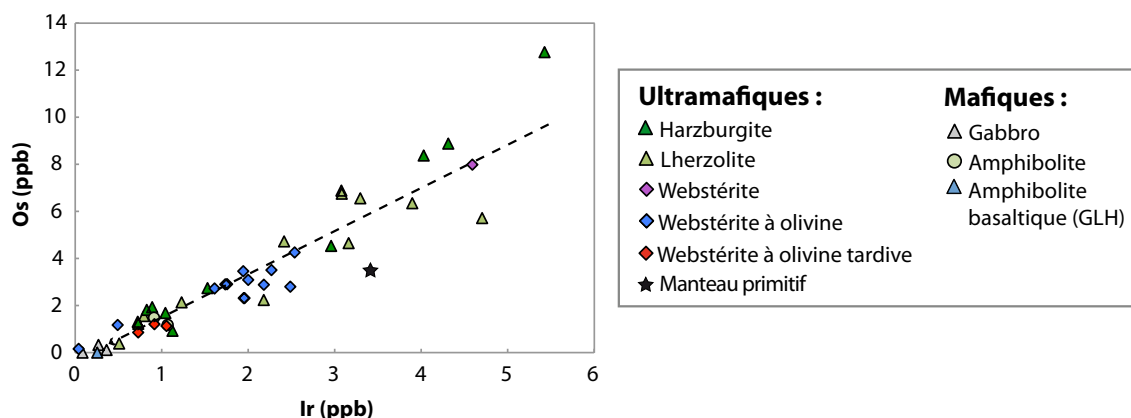
Deux processus possibles peuvent expliquer cette variation :

- i) La capacité de l'olivine et du spinelle chromifère à fractionner les ÉGPI (Righter et al., 2004; Brenan et al., 2005, Pagé et Barnes, 2016). Divers études montrent des corrélations entre l'Ir et l'olivine, mais les expériences n'ont pas établi le coefficient de partage de l'Ir entre l'olivine et le liquide silicaté (Brenan et al., 2005). C'est-à-dire, l'olivine est capable de fractionner l'Ir mais elle n'est pas un minéral hôte (Maier et Barnes, 1999; Ballhaus et Sylvester, 2000; Puchtel et Humayun, 2001; Brenan et al., 2005). Toutefois, les expériences effectuées par Righter et al. (2004) montrent que l'Ir est un élément très compatible dans le spinelle chromifère, de façon similaire à l'Os, Ru et Rh (Capobianco et al., 1994; Brenan et al., 2005; Barnes et Ripley, 2016). La corrélation positive observée entre l'Os et

l'Ir suggère que ces éléments ont le même comportement et ils sont contrôlés par la même phase minérale (figure 5.7). Puisque dans la figure 5.6 nous observons un comportement similaire entre l'Os, l'Ir et le  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  et l'Os, l'Ir et le MgO, cela pourrait suggérer que le spinelle chromifère contrôle et héberge ces éléments lors d'un processus tel que l'accumulation (figure 5.1D).

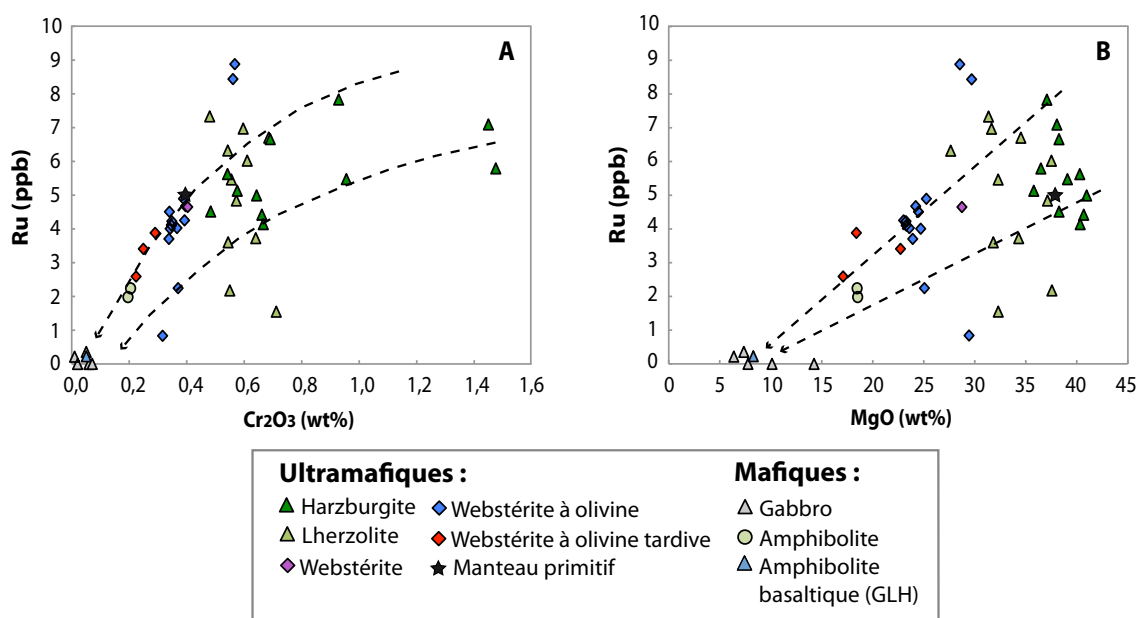


**Figure 5.6.** Diagrammes binaires qui montrent deux corrélations positives entre (A) L'Os et le  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ; (B) L'Ir et le  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ; (C) L'Os et le MgO; (D) L'Ir et le MgO. La tendance qui montre un appauvrissement progressif entre les ÉGP et le Cr et le Mg est reliée à la cristallisation fractionnée (CF) subie par les roches de la SMUN. La deuxième tendance peut être associée à la présence de microphases d'alliages d'Os-Ir ou de sulfures de la série laurite-erlichmanite de façon interstitielle dans les roches ou à la capacité de l'olivine et du spinelle chromifère pour héberger les ÉGPI.



**Figure 5.7.** Diagramme binaire entre l'Os et l'Ir qui montre une corrélation positive entre ces deux éléments.

- ii) La présence de microphases intergranulaires d'alliages d'Os-Ir ou de sulfures de la série laurite-erlichmanite dans les roches qui suivent cette tendance (Luguet et al., 2007; Peregoedova et al., 2004). En cas de présence de sulfures de la série laurite-erlichmanite, une distribution similaire devrait être observée pour le Ru. Cependant, les distributions entre Ru-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et Ru-MgO sont moins bien définies (figure 5.8), donc ce n'est pas exclusivement les MGP de la série laurite-erlichmanite qui contrôlent les concentrations en Os-Ir-Ru.



**Figure 5.8.** Diagrammes binaires entre (A) Le Ru et le Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; (B) Le Ru et le MgO. Des distributions différentes que celles de la figure 5.6 sont observées entre le Ru et le Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et entre le Ru et le MgO.

Peck et Keays (1990) observent des anomalies négatives en Ir par rapport au manteau primitif similaires à celles des péridotites de la SMUN (figure 5.5A) sur des cumulats de pyroxénite (valeur moyenne de 0,057 ppb d'Ir) et des roches volcaniques (valeur moyenne de 0,088 ppb d'Ir pour les basaltes tholéitiques appauvris en Ti et valeur moyenne de 0,070 ppb d'Ir pour les boninites) dans le Complexe de Heazlewood River (Tasmanie). Ces auteurs proposent que l'anomalie négative en Ir pourrait refléter les effets d'un héritage de la source tels que : i) une ségrégation précoce d'une phase enrichie en Ir avant l'emplacement du liquide primaire; ii) une extraction sélective d'Os et Ir du magma parental, telle que l'introduction de l'As dans le système (Tarkian et Prichard, 1987).

La capacité du spinelle chromifère à fractionner et héberger les ÉGPI et les valeurs relativement constantes d'Os et d'Ir et inférieures à 2 ppb suggèrent une origine cumulative pour les roches de la SMUN qui suivent la deuxième tendance (définie par certaines harzburgites et lherzolites) puisqu'en général les roches d'origine mantellique montrent des concentrations en Os et en Ir rarement inférieures à 2 ppb (Sarah-Jane Barnes, comm. pers. 2016).



## CHAPITRE 6 – CHIMIE MINÉRALE DES MINÉRAUX SILICATÉS ET DES OXYDES

### 6.1. Méthodes analytiques

La composition chimique des minéraux primaires est un excellent traceur de processus de différenciation, tel que la cristallisation fractionnée. Également, la composition des minéraux secondaires peut nous indiquer les conditions de pression et température subies par ces roches. Afin de déterminer la composition chimique des différents minéraux, des analyses ont été réalisées à la microsonde électronique et au LA-ICP-MS.

#### 6.1.1. Microsonde électronique

Parmi l'étude pétrographique des échantillons en lame mince, la chimie minérale des échantillons sélectionnés a été analysé afin de connaître la composition chimique des éléments majeurs et mineurs (en oxydes) des phases minérales primaires et secondaires (annexe 3). Les analyses chimiques ont été effectuées au *Electron Microprobe Laboratory* de l'Université McGill (Montréal) en utilisant une microsonde JXA JEOL-8900L. Les conditions d'opération pour les analyses sont : un voltage d'excitation de 20 kV, un ampérage de 20 nA, un diamètre du faisceau variable entre 2 et 5  $\mu\text{m}$  et une durée de comptage de 20 secondes pour chaque élément. Les données ont été corrigées selon la méthode ZAF (Bence et Albee, 1968; Z, numéro atomique; A, absorption, F, fluorescence secondaire). Les matériaux de référence utilisés pour la calibration sont des minéraux naturels ou synthétiques. Des photos d'échantillons ont été prises avec le microscope électronique à balayage, à partir des images composées des électrons rétrodiffusés, avec des conditions similaires à celles des analyses.

#### 6.1.2. LA-ICP-MS

Des analyses de LA-ICP-MS ont été effectuées au LabMaTer de l'UQAC en utilisant le laser Résolution M-50 Excimer (193 nm) ArF de Resonetics et le ICP-MS modèle 7700x de Agilent. Malgré les analyses, l'altération des spinelles et particulièrement des chromites, les principaux indicateurs pétrogénétiques (Irvine, 1965), n'ont pas permis le traitement des données obtenues. Le signal des analyses des chromites est généralement inférieur à 10 secondes. Le signal doit généralement être

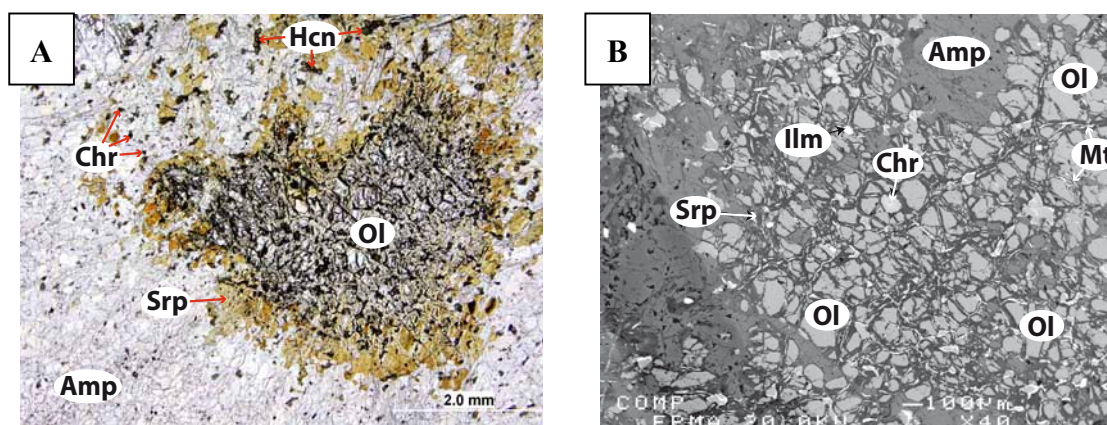
supérieur à 15 secondes, donc ce temps est considéré trop court pour le traitement des données.

## 6.2. Minéraux primaires

La minéralogie primaire est, de façon générale, faiblement préservée dans les roches de la SMUN. Malgré cette faible préservation, des reliques de minéraux sont parfois retrouvées dans les lame minces. Les données présentées par la suite représentent les résultats de la composition chimique des différents minéraux primaires à la microsonde électronique.

### 6.2.1. Olivine

De façon générale, l'olivine est présente sous la forme de reliques (figure 6.1). Ces reliques ont été analysées, mais parfois elles sont partiellement transformées en serpentine. La taille des grains (jusqu'à 1 cm) rend parfois difficile l'identification du cœur et de la bordure des grains.



**Figure 6.1.** Échantillon RPP-43-14 : (A) Exemple d'olivine partiellement serpentinisée en lumière transmise. (B) Même olivine que dans la photo (A) en image composée des électrons rétrodiffusés à la microsonde.

Les éléments majeurs et mineurs analysés sont :  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MnO}$  et  $\text{NiO}$  (annexe 3B). Les olivines ne sont pas zonées et la composition est généralement constante sur un même type de roche.

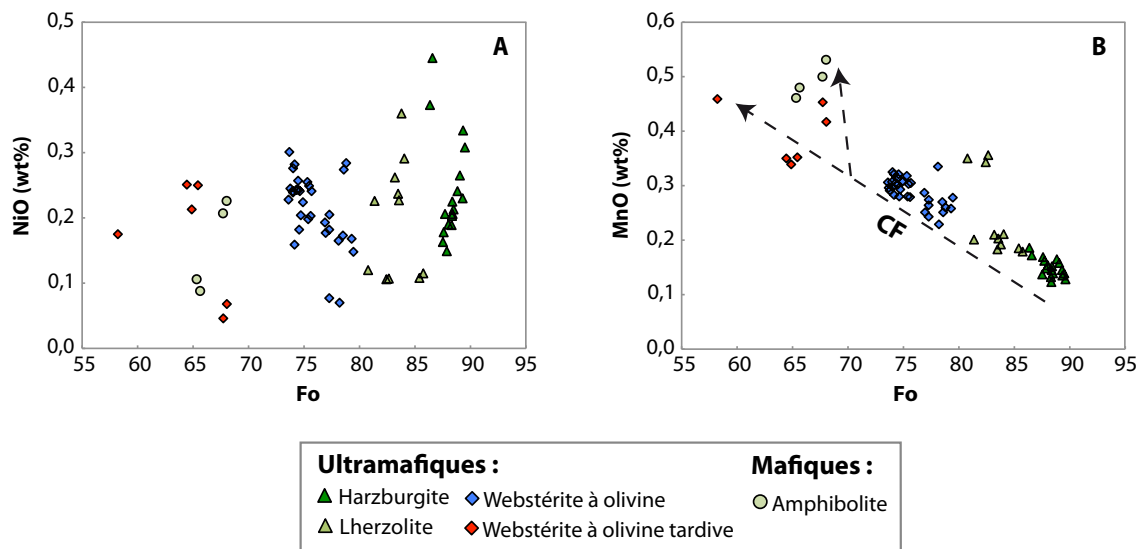
Les harzburgites présentent une plage compositionnelle de Fo ( $\text{MgO} \times 100 / (\text{MgO} + \text{FeO} + \text{MnO})$ ) entre 86,35-89,61 (moyenne 88,68;  $n=18$ ). Le contenu en  $\text{NiO}$  présente une valeur moyenne de 0,24 wt% et varie principalement entre 0,15-0,45 wt%, allant localement jusqu'à 0,97 wt% (RPP-63-C-14). Le contenu en  $\text{MnO}$  montre une faible variation, entre 0,13-0,19 wt% (moyenne 0,15 wt%).

Les lherzolites montrent une plage compositionnelle de Fo 80,77-85,75 (moyenne 83,31; n=11). Le contenu en NiO, de façon similaire aux harzburgites, présente une grande variation, entre 0,11-0,36 wt% (moyenne 0,20 wt%). Le contenu en MnO varie aussi largement, entre 0,18-0,36 wt% (moyenne 0,24 wt%).

Les webstérites à olivine présentent une plage compositionnelle de Fo 73,60-79,45 (moyenne 75,85; n=32). Le contenu en NiO varie grandement, allant de 0,08 wt% à 0,28 wt% avec une valeur moyenne de 0,21 wt%. Par contre, le contenu en MnO montre une faible variation, fluctuant entre 0,23-0,34 wt% (moyenne 0,29 wt%). Les webstérites à olivine tardives présentent une composition plus évoluée que les webstérites à olivine précoces. Le contenu en Fo varie entre 58,22-68,04 (moyenne 64,79; n=6). Le contenu en NiO est similaire à celui des webstérites à olivine précoces, entre 0,05-0,25 wt% (moyenne 0,17 wt%). Par contre, le contenu en MnO est plus élevé que dans celles-ci, entre 0,34-0,46 wt% (moyenne 0,40 wt%).

Les amphibolites présentent une plage compositionnelle de Fo similaire à celui des webstérites à olivine tardives, 65,32-68,02 (moyenne 66,67; n=4). Le contenu en NiO est plutôt similaire à celui des webstérites à olivine précoces, et varie entre 0,09-0,23 wt% (moyenne 0,16 wt%). Le contenu en MnO est le plus élevé observé, entre 0,46-0,53 wt% (moyenne 0,49 wt%).

Généralement, le contenu en Fo et en NiO des olivines diminue alors que le contenu en MnO augmente lors de la cristallisation du magma. Par contre, cette tendance n'est pas observée dans le cas du NiO (figure 6.2A), où l'altération des olivines et la mobilisation du nickel pourraient expliquer la distribution irrégulière des échantillons du même type de roche. La tendance d'appauvrissement en Fo et d'enrichissement en MnO est bien observée dans la figure 6.2B. Cependant, un des échantillons de lherzolite (RPP-63-C-14) montre un enrichissement anormal en MnO par rapport aux autres lherzolites. Cette roche se présente sur le terrain en contact direct avec un dyke de gabbro qui pourrait avoir modifié la composition de la lherzolite localement lors de sa mise en place.



**Figure 6.2.** Diagrammes binaires de la composition des olivines : (A) Absence de corrélation entre le NiO et le Fo de l'olivine. (B) Corrélation négative entre le MnO et le Fo de l'olivine. CF : cristallisation fractionnée.

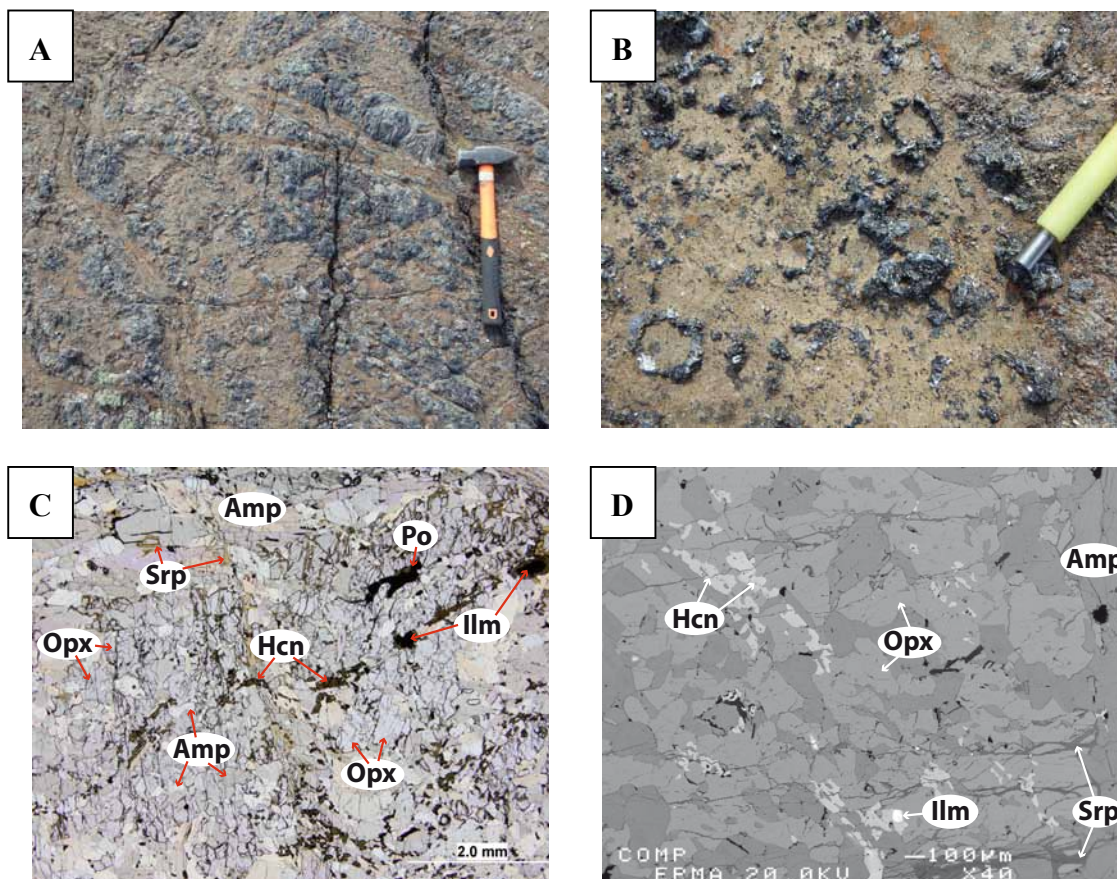
Dans la figure 6.2B, nous observons un arrêt du processus de cristallisation entre les péridotites et les webstérîtes à olivine et entre ces dernières et les webstérîtes à olivine tardives et les amphibolites. Cette tendance confirme les observations de terrain, où ces roches semblent être tardives par rapport aux autres roches de la SMUN. Cependant, ces deux derniers types de roches (les webstérîtes à olivine tardives et les amphibolites) montrent deux tendances de cristallisation similaires aux tendances observées dans la figure 5.1C ( $\text{TiO}_2$  vs MgO, roche totale).

### 6.2.2. Pyroxène

Le pyroxène peut se présenter sous la forme d'orthopyroxènes ou de clinopyroxènes (ces derniers sont moins bien préservés et sont généralement remplacés par de l'amphibole). Ils se présentent comme une phase sans zonation, sous la forme d'oïkocristaux ou de reliques.

#### 6.2.2.1. Orthopyroxène

Généralement, l'orthopyroxène est présent sous la forme de cristaux poecilitiques et plus rarement en reliques (figure 6.3). Les cristaux poecilitiques contiennent des chadocristaux de spinelle et d'amphibole principalement. Les oïkocristaux peuvent atteindre jusqu'à 30 cm sur le terrain, il est donc difficile d'identifier le cœur et la bordure des grains lors des analyses.



**Figure 6.3.** Photos des orthopyroxènes : (A) Affleurement RPP-145-14. Orthopyroxènes de taille décimétrique observés sur l’affleurement. (B) Affleurement RPP-145-14. Orthopyroxènes coronitiques de taille centimétrique qui entourent des grains d’olivine partiellement serpentinisée. (C) Échantillon RPP-120-A-14. Relique d’orthopyroxène oïcocristique avec des chadocristaux d’amphibole, d’hercynite et des minéraux opaques. (D) Même orthopyroxène que dans la photo (C) en image composée des électrons rétrodiffusés à la microsonde.

Les éléments majeurs et mineurs analysés sont :  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$  et  $\text{NiO}$  (annexe 3C).

Les harzburgites (figure 6.4) présentent une plage compositionnelle de  $\text{Mg\#}$  ( $100 \times \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ ) entre 87,39-90,56 (moyenne 88,92;  $n=27$ ). Les contenus en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  et  $\text{NiO}$  présentent des variations fortes à modérées, entre 0,92-1,89 wt% (moyenne 1,32 wt%), 0,04-0,17 wt% (moyenne 0,12 wt%; 1 échantillon sous la limite de détection, s.l.d.) et entre 0,04-0,08 wt% (moyenne 0,05 wt%; 7 échantillons s.l.d.) respectivement. Par contre, les contenus en  $\text{MnO}$ ,  $\text{CaO}$  et  $\text{TiO}_2$  présentent des faibles variations. Le contenu en  $\text{MnO}$  varie entre 0,15-0,21 wt% (moyenne 0,18 wt%), le contenu en  $\text{CaO}$  varie entre 0,09-0,17 wt% (moyenne 0,13 wt%) et le contenu en  $\text{TiO}_2$  varie entre 0,06-0,13 wt% (moyenne 0,09 wt%; 6 échantillons s.l.d.).

Les lherzolites (figure 6.4) montrent une plage compositionnelle de  $\text{Mg\#}$  entre 83,87-86,67 (moyenne 85,37;  $n=13$ ). Les contenus en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  et  $\text{NiO}$  présentent



une variation modérée, entre 1,38-1,81 wt% (avec un des échantillons qui présente un faible contenu à 0,89 wt%, RPP-01-A-14; moyenne 1,49 wt%) pour l' $\text{Al}_2\text{O}_3$ , entre 0,05-0,13 wt% (moyenne 0,10 wt%) pour le  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  et entre 0,03-0,05 wt% (moyenne 0,04 wt%; 4 échantillons s.l.d.) pour le NiO. Comme dans les harzburgites, les contenus en MnO, CaO, et  $\text{TiO}_2$  présentent des faibles variations. Le contenu en MnO varie entre 0,20-0,25 wt% (moyenne 0,22 wt%), le contenu en CaO varie entre 0,13-0,19 wt%, (moyenne 0,16 wt%) et le contenu en  $\text{TiO}_2$  varie entre 0,08-0,11 wt%, (moyenne 0,09 wt%; 7 échantillons s.l.d.).

Les webstérites à olivine précoces (figure 6.4) présentent une plage compositionnelle de Mg# entre 77,27-82,09 (moyenne 79,61; n=27), alors que les webstérites à olivine tardives présentent une plage compositionnelle entre 69,25-75,74 (moyenne 73,46; n=3). Dans les webstérites à olivine précoces, les contenus en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  et NiO présentent des variations modérées, alors que MnO, CaO et  $\text{TiO}_2$  présentent de faibles variations. Dans les webstérites à olivine précoces, le contenu en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  varie entre 1,54-2,23 wt%, avec un des échantillons à 0,57 wt% (RPP-24-14; moyenne 1,99 wt%), le contenu en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  varie entre 0,04-0,12 wt% (moyenne 0,07 wt%; 5 échantillons s.l.d) et le contenu en NiO varie entre 0,04-0,06% (moyenne 0,04 wt%; 9 échantillons s.l.d). Le contenu en MnO varie entre 0,25-0,34 (avec un des échantillons à 0,42 wt%, RPP-24-14, moyenne 0,3 wt%), le contenu en CaO varie entre 0,15-0,25 wt% (moyenne 0,21 wt%) et le contenu en  $\text{TiO}_2$  varie entre 0,07-0,11 wt% (moyenne 0,09 wt%; 15 échantillons s.l.d). Les webstérites à olivine tardives (figure 6.4) présentent une plage compositionnelle de Mg# entre 77,27-82,09 (moyenne 79,61; n=3). Les contenus en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et CaO présentent des variations fortes à modérées, alors que et MnO présent une faible variation. Le contenu en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  et NiO est similaire dans les échantillons analysés et le contenu en  $\text{TiO}_2$  des échantillons est s.l.d. Le contenu en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  varie entre 1,23-2,57 wt% (avec un des échantillons à 0,64 wt%, RPP-120-B-14; moyenne 1,89 wt%) et le contenu en CaO varie entre 0,19-0,86 (moyenne 0,44 wt%). Le contenu en MnO varie entre 0,29-0,41 wt% (moyenne 0,33 wt%). Le contenu en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  est de 0,07 wt% (1 échantillon s.l.d) et le contenu en NiO varie entre 0,03-0,04 wt% (moyenne 0,035 wt%; 1 échantillon s.l.d). Dans la seule webstérite échantillonnée (figure 6.4), le Mg# est similaire à celui des harzburgites, entre 87,50-88,67 (moyenne 88,22; n=4). Les contenus en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  et MnO présentent des variations fortes à modérées, alors que CaO et NiO présentent de faibles variations. Le contenu en  $\text{TiO}_2$  est similaire dans les échantillons analysés. Le contenu en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  varie entre 0,91-1,98 wt%

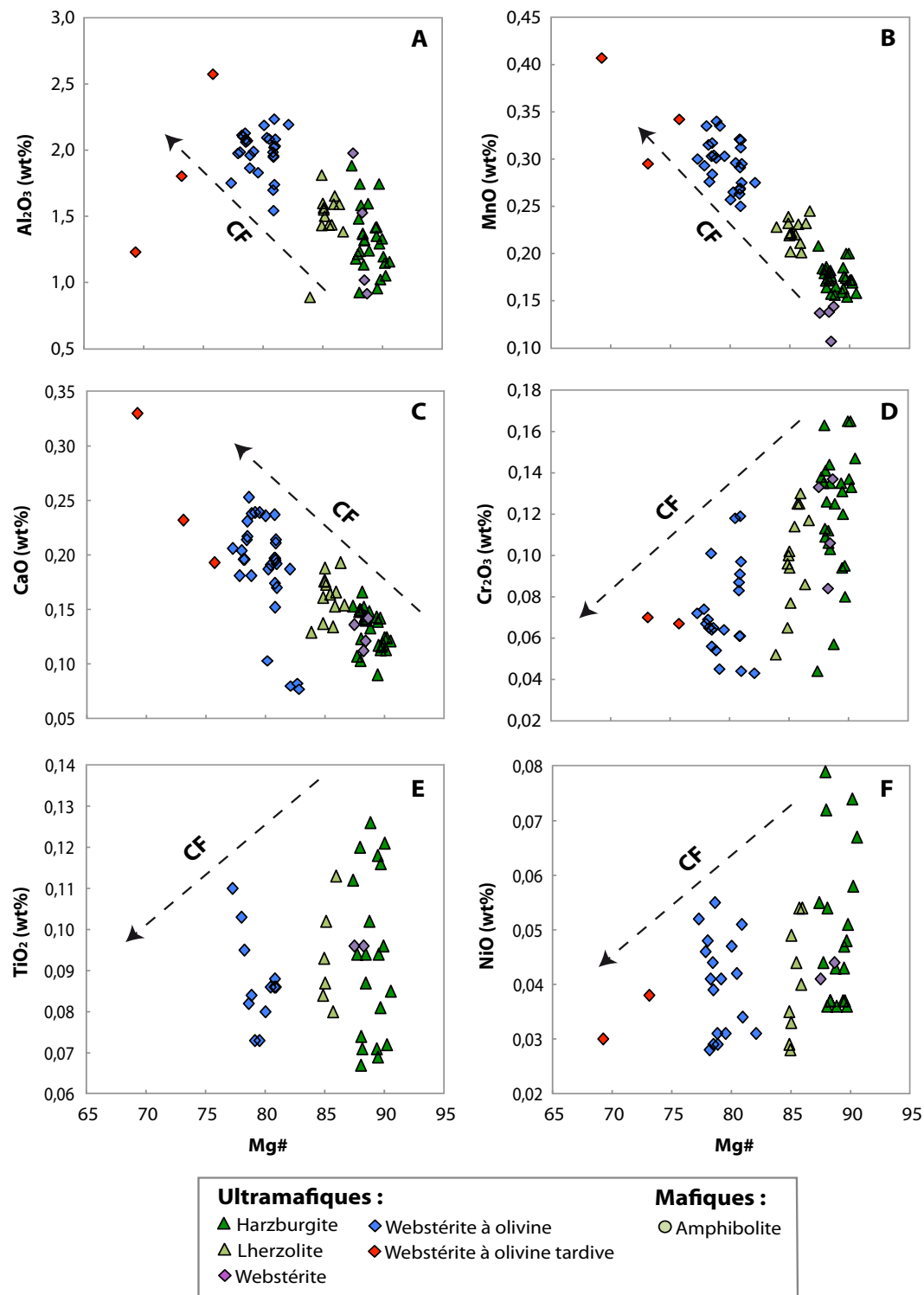
(moyenne 1,36 wt%), le contenu en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  varie entre 0,08-0,14 wt% (moyenne 0,12 wt%) et le contenu en  $\text{MnO}$  varie entre 0,11-0,14 wt% (moyenne 0,13%). Le contenu en  $\text{CaO}$  varie entre 0,11-0,14 wt% (moyenne 0,13 wt%) et le contenu en  $\text{NiO}$  varie entre 0,04-0,07 wt% (moyenne 0,05 wt%). Le contenu en  $\text{TiO}_2$  est de 0,10 wt% (2 échantillons s.l.d).

Généralement, lors de la cristallisation du magma le  $\text{Mg\#}$  et le contenu en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  et  $\text{NiO}$  diminuent, tandis que le contenu en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CaO}$  et  $\text{TiO}_2$  augmentent dans les orthopyroxènes. Ces tendances ne sont pas toujours observées dans la figure 6.4. L'appauvrissement en  $\text{Mg\#}$  est observé de façon générale dans tous les diagrammes binaires. La tendance d'enrichissement en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (figure 6.4A),  $\text{MnO}$  (figure 6.4B) et  $\text{CaO}$  (figure 6.4C) est observée de façon claire. Par contre, les tendances d'appauvrissement du  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (figure 6.4D), du  $\text{TiO}_2$  (figure 6.4E) et du  $\text{NiO}$  (figure 6.4F) sont observables mais présentent une distribution irrégulière. La distribution irrégulière des roches dans les figures 6.4D, 6.4E et 6.4F peuvent être reliées à la cristallisation synchronique des phases telles que la chromite, l'ilménite et l'olivine ou la pentlandite respectivement. De plus, les figures 6.4A, 6.4B et 6.4C montrent, de façon similaire à la figure 6.2B, un arrêt du processus de cristallisation entre les péridotites et les webstérites à olivine et entre ces dernières et les webstérites à olivine tardives.

Les pyroxènes sont des minéraux qui peuvent changer leur composition primaire lors du métamorphisme ou des processus de rééquilibration sub-solidus. La composition primaire ou la composition la moins affectée par un ces processus est celle contenant le plus d'aluminium. Un  $\text{Mg\#}$  élevé et une concentration faible en aluminium suggèrent une rééquilibration vers un pyroxène métamorphique (Hébert et al., 1989), et qui pourraient expliquer les variations observées dans les figures 6.4D, 6.4E et 6.4F.

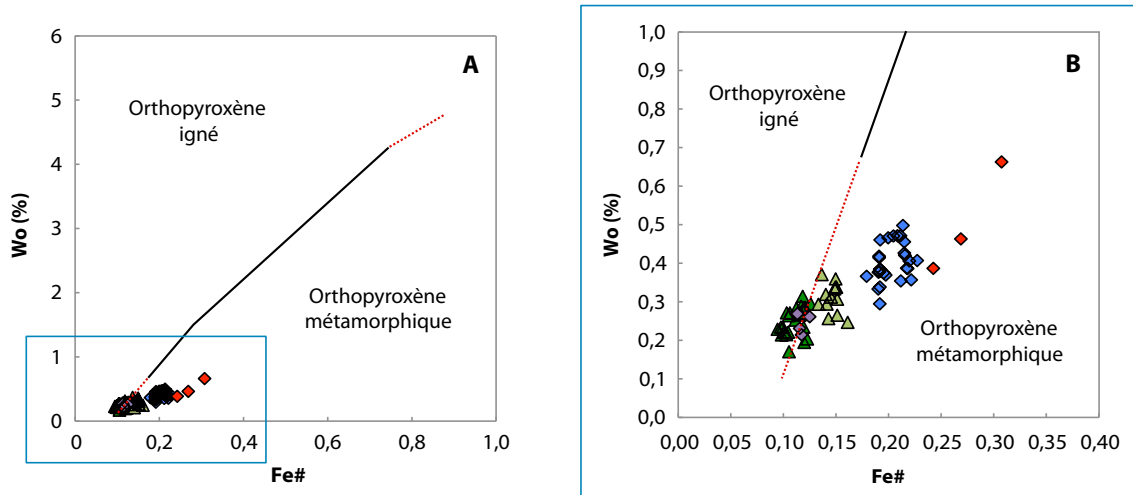
La figure 6.5 montre les différences chimiques entre les orthopyroxènes ignés et métamorphiques qui coexistent avec des clinopyroxènes enrichis en Ca (Rietmeijer, 1983). Les clinopyroxènes de la SMUN n'ont pas été préservés en grande partie. Dans ce diagramme, les roches ultramafiques péridotitiques se trouvent directement sur la ligne, dans une zone de transition entre les deux champs, igné et métamorphique. Ceci suggère que les orthopyroxènes qui constituent ces roches présentent des caractéristiques des orthopyroxènes ignés mais avec une empreinte métamorphique. La seule webstérite échantillonnée montre des caractéristiques clairement ignées. De façon similaire, un des orthopyroxènes d'une des lherzolites (RPP-01-A-14) montre aussi une

origine ignée. Les roches plus évoluées de la SMUN, les webstérites à olivine, montrent une composition typique des orthopyroxènes métamorphiques. Les webstérites à olivine semblent être plus affectées par le métamorphisme que les péridotites, mais la raison peut être due à un plus haut pourcentage modal d'orthopyroxène dans ces roches par rapport aux autres, lors de l'évolution magmatique à partir d'un processus de cristallisation fractionnée.





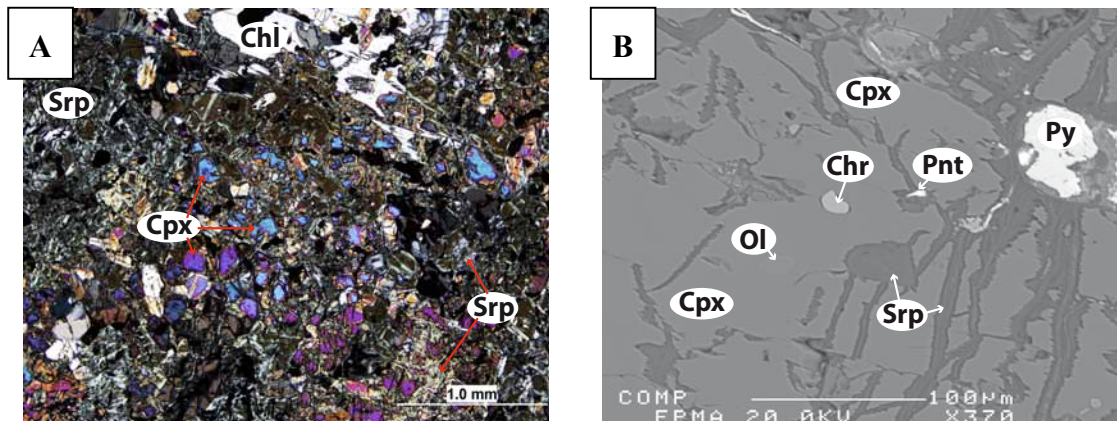
**Figure 6.4.** Diagrammes binaires de la composition des orthopyroxènes : (A) Corrélation négative entre le  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et le Mg# ( $100 \times \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ ). (B) Corrélation négative entre le MnO et le Mg#. (C) Corrélation négative entre le CaO et le Mg#. (D) Corrélation positive entre le  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  et le Mg#. (E) Corrélation positive entre le  $\text{TiO}_2$  et le Mg#. (F) Corrélation positive entre le NiO et le Mg#. CF : tendances générales du processus de cristallisation fractionnée.

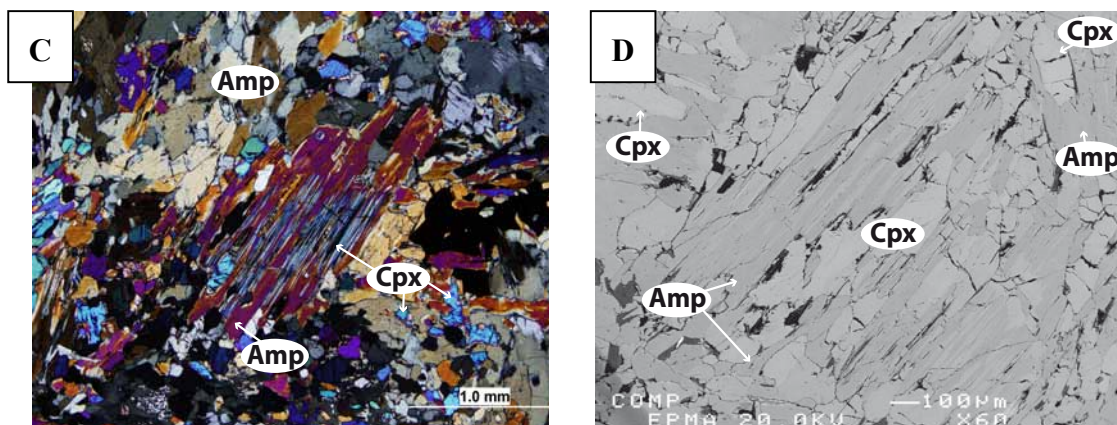


**Figure 6.5.** Diagramme binaire du Fe# ( $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+} + \text{Mg}) \times 100$ ) vs le pourcentage de wollastonite des orthopyroxènes des roches ultramafiques de la SMUN (A). La figure B est un agrandissement de la figure A. Légende dans la figure 6.4. Modifiée de Rietmeijer (1983).

#### 6.2.2.2. Clinopyroxène

De façon générale, le clinopyroxène n'est pas présent au sein des roches de la SMUN. Seulement quatre échantillons contiennent des clinopyroxènes (figure 6.6) : RPP-63-C-14, RPP-73-14, RPP-62-A-14 et RPP-63-A-14.





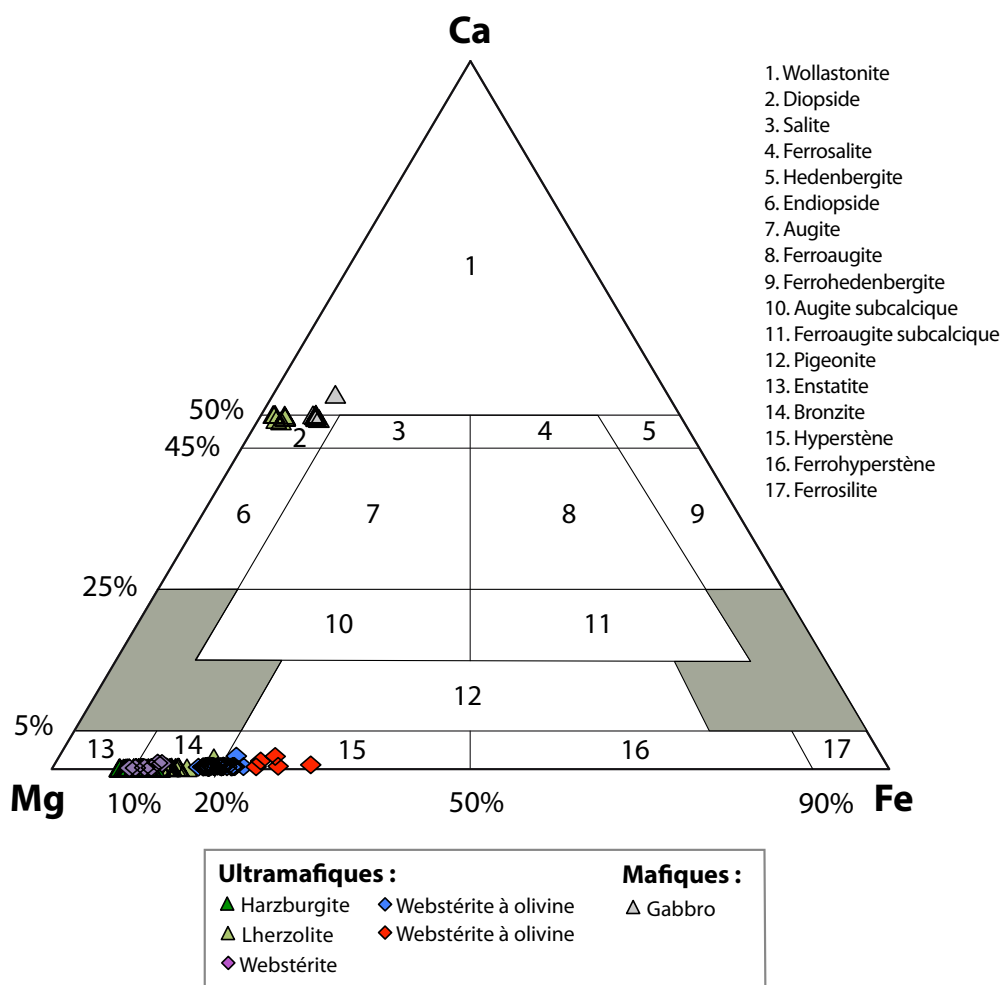
**Figure 6.6.** Photos des clinopyroxènes : (A) Affleurement RPP-63-C-14. Reliques de clinopyroxène de taille millimétrique observées en lame mince. (B) Même clinopyroxène que dans la photo (A) en image composée des électrons rétrodiffusés à la microsonde. Ce grain contient des inclusions d'olivine et de chromite. (C) Échantillon RPP-62-A-14. Exsolutions de clinopyroxène dans une amphibole, générée lors de l'altération d'un autre clinopyroxène ou générée lors d'un métamorphisme prograde qui déshydrate l'amphibole pour la transformer en clinopyroxène. (D) Échantillon RPP-62-A-14 en image composée des électrons rétrodiffusés à la microsonde. Le clinopyroxène se présente de couleur gris clair et l'amphibole se présente de couleur gris foncé.

Les éléments majeurs et mineurs analysés sont :  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$  et  $\text{NiO}$  (annexe 3D).

Généralement, les clinopyroxènes des lherzolites présentent des  $\text{Mg\#}$  ( $100 \times \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ ) plus élevés que ceux des gabbros (moyenne de 92,37 vs 82,72;  $n=7$  et  $n=10$  respectivement). Les lherzolites présentent des contenus plus élevés en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (moyenne de 0,13 wt%) par rapport aux valeurs des gabbros (moyenne de 0,04 wt%). De l'autre côté, les gabbros présentent des contenus plus élevés en  $\text{MnO}$  (moyenne de 0,25 wt%),  $\text{TiO}_2$  (moyenne de 0,37 wt%) et  $\text{FeO}$  (moyenne de 5,65 wt%) par rapport aux lherzolites (moyennes de 0,11 wt%, 0,25 wt% et 2,56 wt% respectivement). Les contenus en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et  $\text{CaO}$  sont similaires pour les deux types de roches : des moyennes de 1,14 wt% et 25,05 wt% respectivement sont observées dans les lherzolites, alors que des moyennes de 1,47 wt% et 24,67 wt% sont observées dans les gabbros.

### 6.2.2.3. Classification des pyroxènes

Les pyroxènes de la SMUN ont été classifiés (figure 6.7) selon le diagramme ternaire de classification des pyroxènes de Morimoto (1988) et, de façon plus détaillée, selon la classification de McBirney (1993).



**Figure 6.7.** Classification Enstatite (Mg) – Ferrosilite (Fe) – Wollastonite (Ca) des compositions des pyroxènes de la SMUN selon Morimoto (1988) et McBirney (1993).

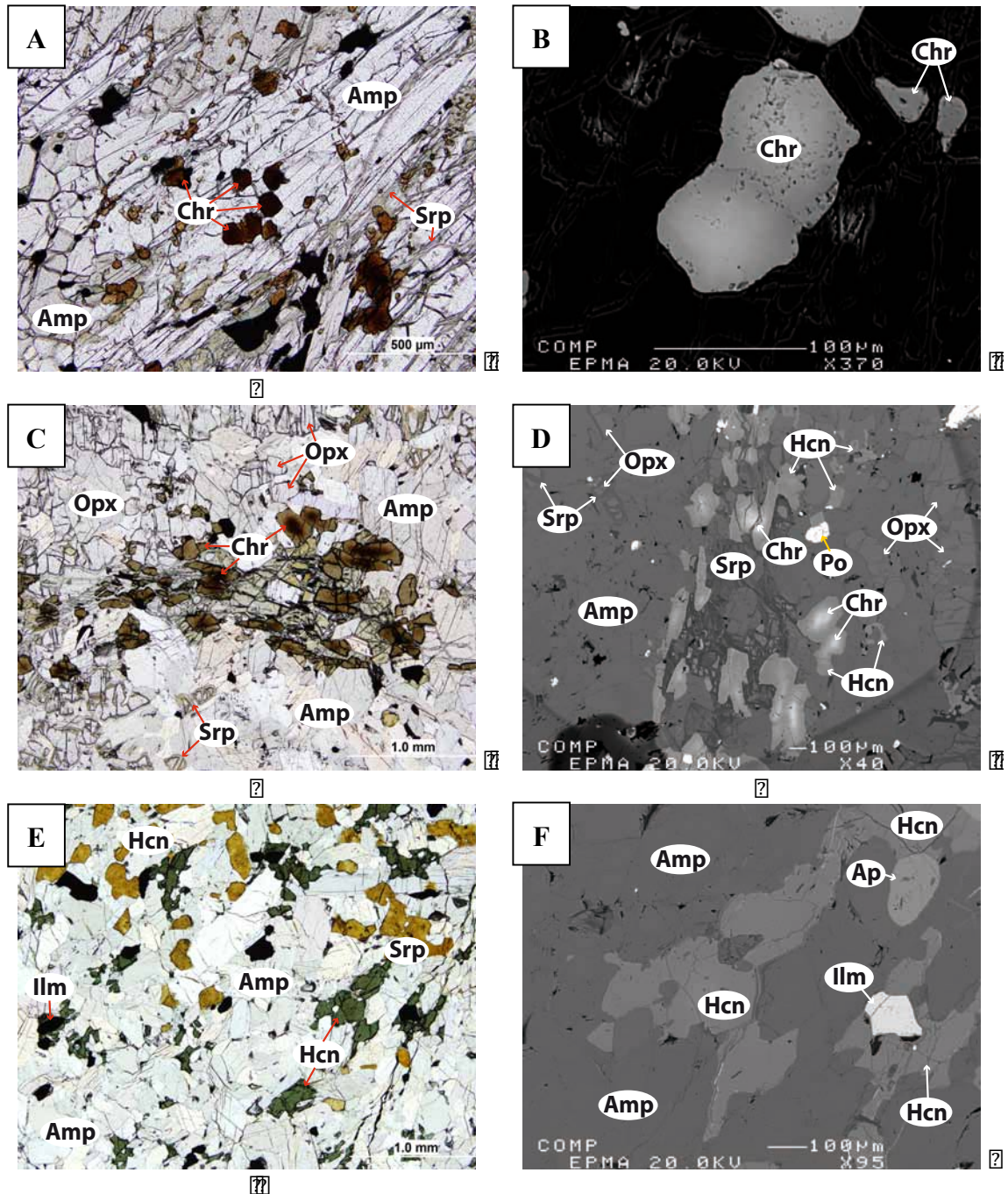
Les orthopyroxènes des harzburgites et des webstérites de la SMUN sont des enstatites et des bronzites. Les orthopyroxènes des lherzolites sont des bronzites, alors que les clinopyroxènes sont des diopsides. Les orthopyroxènes des webstérites à olivine précoces montrent des compositions variables entre la bronzite et l’hyperstène, alors que dans les webstérites à olivine tardives les orthopyroxènes sont des hyperstènes. Dans les gabbros de la SMUN, la composition typique des clinopyroxènes est le diopside, mais un des échantillons montre une composition de type wollastonite. Cette dernière composition peut être reliée à l’intense altération subi par l’échantillon.

### 6.2.3. Spinelles

Les éléments majeurs et mineurs analysés sont :  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{V}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$  et  $\text{NiO}$  (annexe 3E).



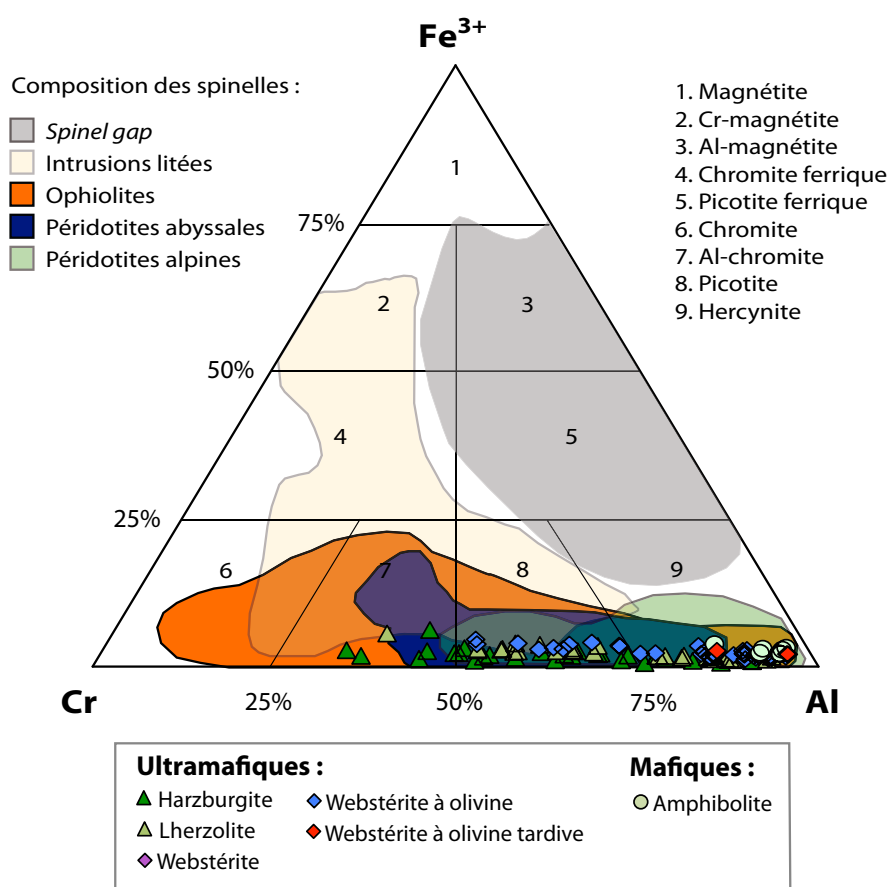
Les spinelles de la SMUN se présentent sous la forme de grains individuels dans lesquels la couleur peut varier : i) sous la forme de grains de couleur brun foncé au cœur et brun clair en bordure; ii) sous la forme de grains de couleur brun au cœur et vert en bordure; iii) sous la forme de grains de couleur vert foncé au cœur et vert clair en bordure.



**Figure 6.8.** Photos des spinelles : (A) Affleurement RPP-59-1-14. Grains de spinelle brunâtre de taille micrométrique observés en lame mince. (B) Grain de la photo (A) en image composée des électrons rétrodiffusés à la microsonde. (C) Affleurement RPP-121-14. Grains de spinelle de taille micrométrique brunâtres au centre et verdâtres en bordure observés en lame mince. (D) Mêmes grains de la photo (C) en image composée des électrons rétrodiffusés à la microsonde.

(E) Affleurement RPP-108-14. Grains de spinelle de couleur verdâtre de taille micrométrique et millimétrique observés en lame mince. (F) Grain de la photo (E) en image composée des électrons rétrodiffusés à la microsonde.

Préalablement à la description des spinelles, il est nécessaire de les classer afin de détailler la chimie minérale selon le type de spinelle analysé. De cette manière, les spinelles de la SMUN ont été classifiés selon le diagramme ternaire de la figure 6.9. Cette classification est basée sur la proportion du cation trivalent dans les spinelles, où  $Fe^{3+} = Fe^{3+}/(Cr+Fe^{3+}+Al)$ ,  $Cr = Cr/(Cr+Fe^{3+}+Al)$  et  $Al = Al/(Cr+Fe^{3+}+Al)$ .

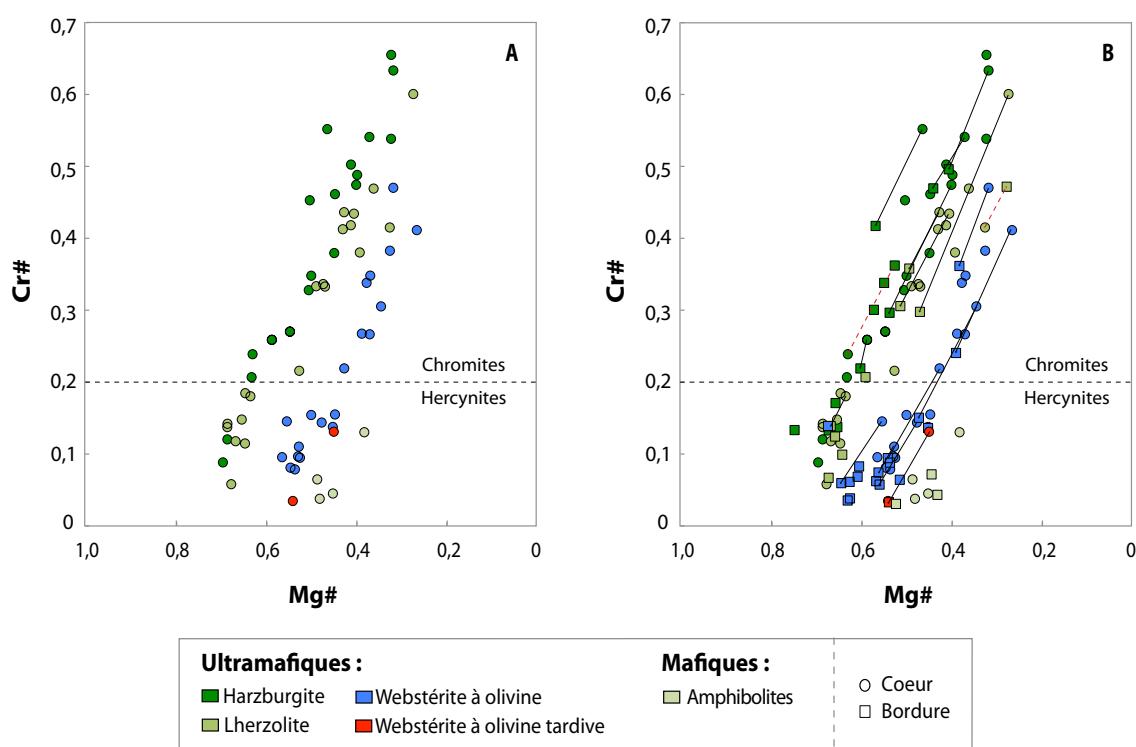


**Figure 6.9.** Diagramme ternaire  $Fe^{3+}$ -Cr-Al des compositions des spinelles de la SMUN, où  $Fe^{3+} = Fe^{3+}/(Cr+Fe^{3+}+Al)$ ,  $Cr = Cr/(Cr+Fe^{3+}+Al)$  et  $Al = Al/(Cr+Fe^{3+}+Al)$ . Modifié de Stevens (1944). Champs compositionnels des spinelles de Barnes et Roeder (2001).

Dans ce diagramme, les spinelles de la SMUN peuvent être classifiées comme des spinelles chromifères (Al-chromites et picotites) ou chromites et des hercynites. Cependant, nous observons que les couleurs observées dans les grains ne peuvent pas aider à classer les spinelles et que des analyses sont nécessaires pour leur classification. Dans la figure 6.9 nous observons une distribution irrégulière des spinelles, qui ne sont pas associées à une même lithologie. Également, les champs

compositionnels des spinelles de différents contextes géologiques sont représentés. Les spinelles de la SMUN montrent une composition similaire à celle des spinelles des complexes ophiolitiques, des péridotites abyssales et des péridotites alpines.

Cette même distribution irrégulière est observée dans le diagramme binaire  $Cr\# = (100 \times Cr / (Cr + Al))$  et  $Mg\# = (100 \times Mg / (Mg + Fe^{2+}))$ , figure 6.10. Les spinelles qui appartiennent à des roches de la même lithologie présentent de grandes variations compositionnelles du cœur vers la bordure. Dans la figure 6.10B, les cœurs et les bordures des grains sont reliés à l'aide de flèches noires (enrichissement en Al et Mg vers la bordure) ou rouges (appauvrissement en Al et Mg vers la bordure). Ces relations entre les cœurs et les bordures permettent de faire un premier survol sur la composition des spinelles, qui seront détaillées par la suite.

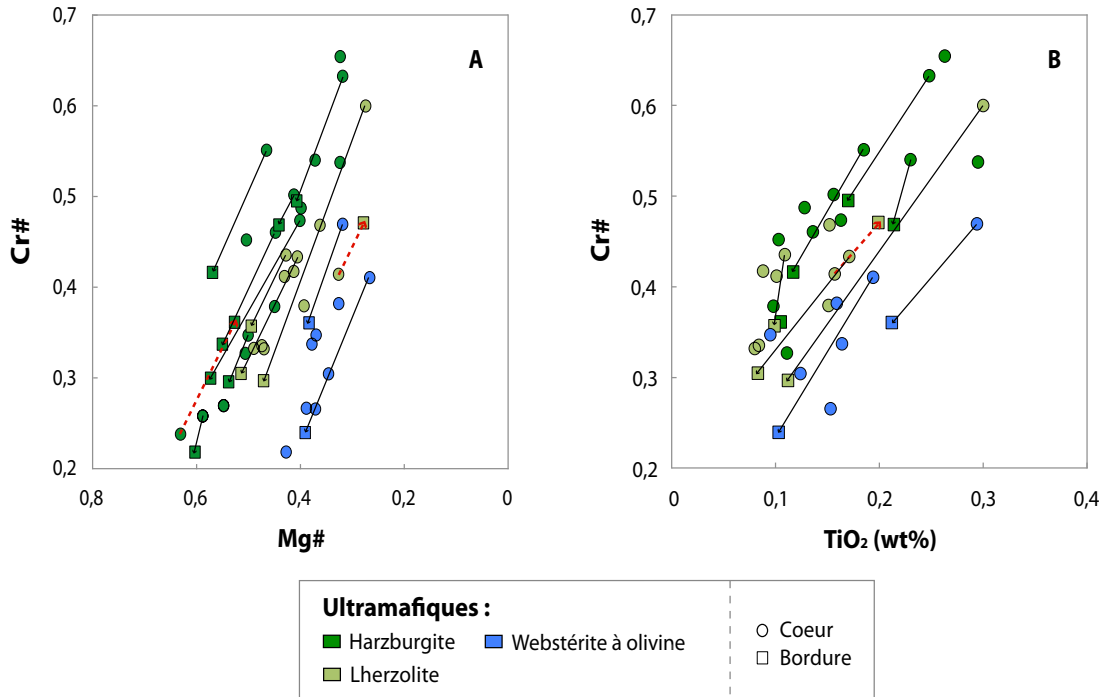


**Figure 6.10.** Diagrammes binaires  $Cr\#$  et  $Mg\#$  des spinelles classifiées selon la lithologie. Dans la figure A, la composition des cœurs des grains individuels est représentée. Dans la figure B, la composition des cœurs (cercles) et des bordures (carrés) des grains individuels est représentée. Les cœurs et les bordures des grains sont reliés par des traits pleins (enrichissement en Al et Mg vers la bordure) ou par des pointillés rouges (appauvrissement en Al et Mg vers la bordure).

Bowles et al. (2011) suggèrent que l'échange d'aluminium entre les spinelles et les pyroxènes génère ces larges gammes de composition dans les spinelles observés dans la figure 6.10.

### 6.2.3.1. Spinelles chromifères

Les spinelles chromifères montrent des contenus en  $Cr\# = (100 \times Cr / (Cr + Al))$  et  $Mg\# = (100 \times Mg / (Mg + Fe^{2+}))$  très variables (figure 6.11A), ainsi que des contenus en  $TiO_2$  aussi variables (figure 6.11B).



**Figure 6.11.** Diagrammes binaires  $Cr\#$  et  $Mg\#$  (A) et  $Cr\#$  et  $TiO_2$  (B) des spinelles chromifères classifiées selon la lithologie. Les cercles représentent les cœurs des grains individuels et les carrés les bordures des grains. Les cœurs qui montrent un enrichissement en Al et Mg (A) et un appauvrissement en Ti (B) par rapport aux bordures sont reliés par des traits pleins, alors que les cœurs qui montrent un appauvrissement en Al et Mg (A) et un enrichissement en Ti (B) par rapport aux bordures sont reliés par des tiretés rouges.

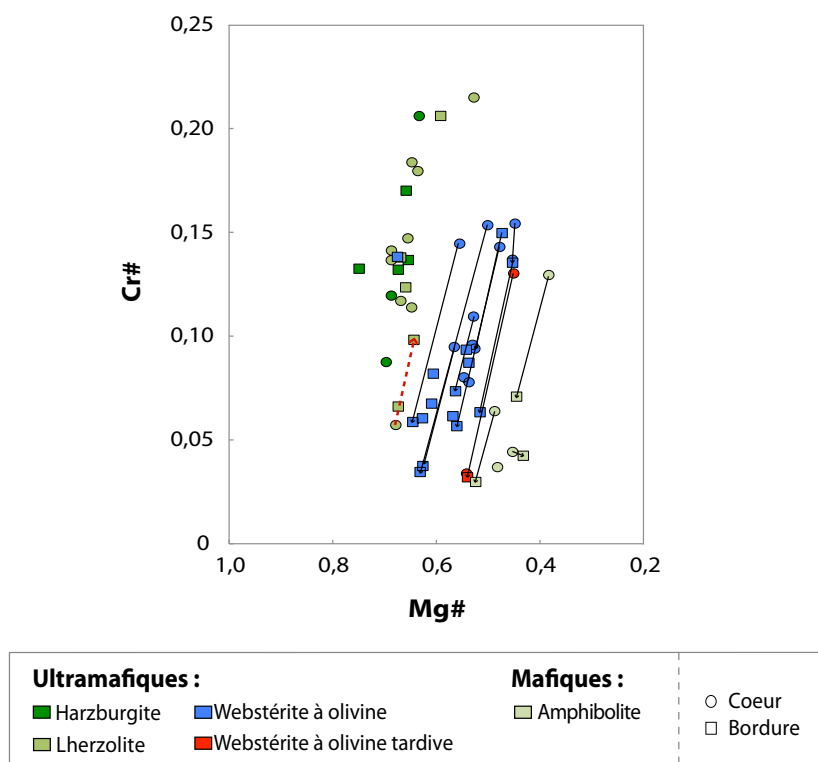
Les spinelles chromifères ( $n=52$ ;  $n=38$  au cœur et  $n=14$  à la bordure) montrent une tendance d'enrichissement en Al ( $Al_2O_3 = 46,37-26,72$  wt% à la bordure et  $46,69-18,66$  wt% au cœur; figure 6.11A) et Mg ( $MgO = 14,43-5,87$  wt% à la bordure et  $13,91-5,57$  wt% au cœur; figure 6.11A) et un appauvrissement en Ti ( $TiO_2 = 0,21-0,11$  wt% à la bordure et  $0,30-0,08$  wt% au cœur; figure 6.11B) du cœur vers la bordure des grains. Cette tendance est observée dans toutes les roches, à exception des échantillons RPP-01-A-14 et RPP-68-14, qui montrent un appauvrissement en Al et Mg et un enrichissement en Ti du cœur vers la bordure ( $Al_2O_3 = 26,83$  wt%,  $MgO = 5,87$  wt% et  $TiO_2 = 0,199$  wt% à la bordure et  $30,61$  wt%,  $7,04$  wt% et  $0,157$  wt% respectivement au cœur dans RPP-01-A-14 et  $Al_2O_3 = 36,65$  wt%,  $MgO = 12,11$  wt% et  $TiO_2 = 0,105$



wt% à la bordure et 49,69 wt%, 15,34 wt% et s.l.d. respectivement au cœur dans RPP-68-14).

### 6.2.3.2. Hercynites

Les hercynites (n=57; n=29 au cœur et n=28 à la bordure) montrent des contenus en  $Cr\# = (100 \times Cr / Cr + Al)$  et  $Mg\# = (100 \times Mg / Mg + Fe^{2+})$ ; figure 6.12) aussi variables que les spinelles chromifères.



**Figure 6.12.** Diagrammes binaires  $Cr\#$  et  $Mg\#$  des hercynites classifiées selon la lithologie. Les cercles représentent des cœurs des grains individuels et les carrés les bordures des grains. Les cœurs qui montrent un enrichissement en Al et Mg par rapport aux bordures sont reliés par des traits pleins, alors que les cœurs qui montrent un appauvrissement en Al et Mg par rapports aux bordures sont reliés par des tiretés rouges.

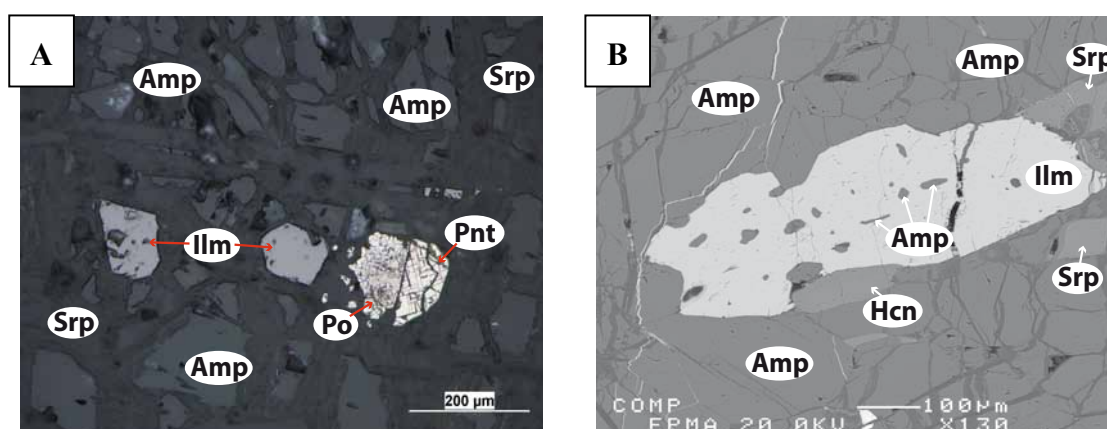
Les hercynites montrent une tendance d'enrichissement en Al ( $Al_2O_3 = 61,57-47,92$  wt% à la bordure et  $60,69-46,65$  wt% au cœur; figure 6.12A) et Mg ( $MgO = 18,89-10,22$  wt% à la bordure et  $17,75-9,05$  wt% au cœur; figure 6.12A) du cœur vers la bordure des grains. Seulement un échantillon, RPP-73-14, montre une tendance inverse. La bordure du grain présente un appauvrissement en Al ( $Al_2O_3 = 56,47$  wt% à la bordure et  $60,01$  wt% au cœur) et Mg ( $MgO = 16,20$  wt% à la bordure et  $17,33$  wt% au cœur) par rapport au cœur. Dans le cas du Ti, les analyses montrent des valeurs s.l.d. Certains échantillons (RPP-73-14 et RPP-120-A-14) présentent un enrichissement en Al de la bordure ( $Al_2O_3 = 56,47$  wt% RPP-73-14 et  $Al_2O_3 = 50,45$  wt% dans RPP-120-A-

14) vers le cœur ( $\text{Al}_2\text{O}_3 = 60,01 \text{ wt\%}$  dans RPP-73-14 et  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 55,34 \text{ wt\%}$  dans RPP-120-A-14).

#### 6.2.4. Ilménite

Les éléments majeurs et mineurs analysés sont :  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$  et  $\text{NiO}$  (annexe 3F).

L'ilménite (figure 6.13) est un minéral trace présent de façon générale dans les roches de la SMUN. Ces grains se présentent sous la forme des grains isolés, associés aux grains de sulfures ou associés aux grains d'hercynite.



**Figure 6.13.** Photos d'ilménites : (A) Affleurement RPP-09-A-14. Grains d'ilménite associés aux sulfures de type pyrrhotite (Po) et pentlandite (Pnt) en lumière réfléchie. (B) Affleurement RP-108-14. Inclusions d'amphibole dans de l'ilménite. Ce grain d'ilménite est associé à de l'hercynite en image composée des électrons rétrodiffusés à la microsonde.

Les ilménites présentent généralement une tendance d'enrichissement en  $\text{FeO}$  (figure 6.14A) et d'appauvrissement en  $\text{MgO}$  (figure 6.14B) par rapport au  $\text{TiO}_2$ , plus ou moins bien défini, lors de l'évolution magmatique. Dans le cas de l' $\text{Al}_2\text{O}_3$  (figure 6.14C) et du  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (figure 6.14D), une absence de corrélation est observée dans les deux cas.

Les ilménites des harzburgites ( $n=9$ ) présentent une plage compositionnelle de  $\text{TiO}_2$  entre 53,10-55,64 wt% (moyenne 54,15 wt%). Les contenus en  $\text{FeO}$  et  $\text{MgO}$  varient entre 34,32-40,70 wt% (moyenne 37,79 wt%) et 4,78-9,54 wt% (moyenne 6,89 wt%) respectivement. Dans le cas de l' $\text{Al}_2\text{O}_3$  le contenu varie entre 0,11-0,13 wt% (moyenne 0,12 wt%; 4 échantillons s.l.d.). Le contenu en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  varie entre 0,05-0,16 wt% (moyenne 0,11 wt%).

Les ilménites des lherzolites ( $n=10$ ) montrent des valeurs similaires à légèrement inférieures aux ilménites des harzburgites : le  $\text{TiO}_2$  varie entre 51,24-54,34 wt%

(moyenne 52,65 wt%), le FeO varie entre 37,28-43,09 wt% (moyenne 40,45 wt%) et le MgO varie entre 3,47-6,86 wt% (moyenne 4,90 wt%). Dans le cas de l' $\text{Al}_2\text{O}_3$ , une seule analyse (RPP-09-A-14) a rapporté un contenu de 0,11 wt% (9 échantillons s.l.d.). Le contenu en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  varie entre 0,05-0,75 wt% (moyenne 0,24 wt%; 1 échantillon s.l.d.).

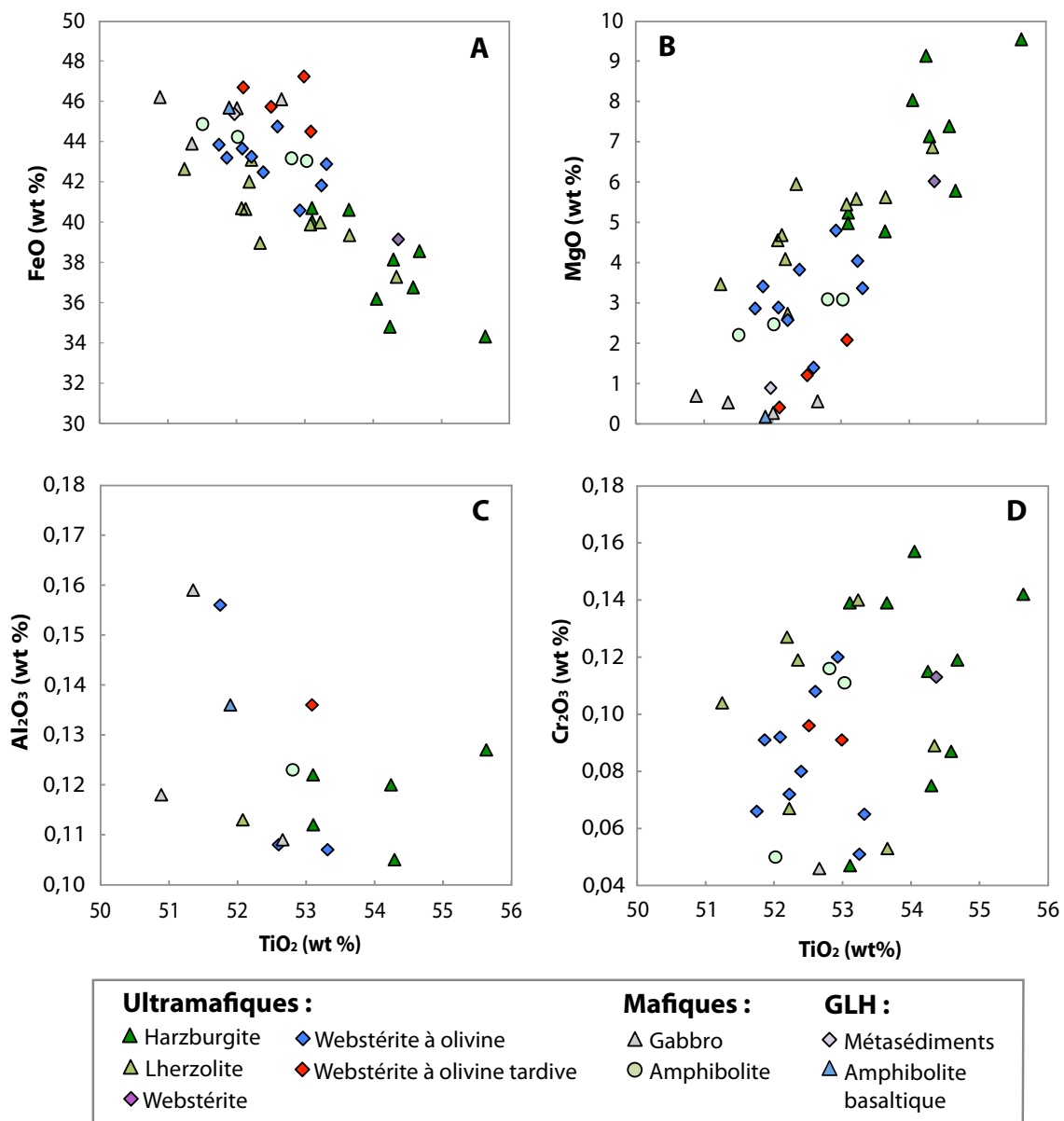
Un seul grain d'ilménite a été analysé dans la webstérite. Les valeurs obtenues pour le  $\text{TiO}_2$ , le FeO, le MgO et le  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  sont 54,57 wt%, 39,14 wt%, 6,02 wt% et 0,11 wt% respectivement. Le contenu en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  est s.l.d.

Les ilménites des webstérites à olivine précoces (n=9) présentent des valeurs de  $\text{TiO}_2$  entre 51,75-53,32 wt% (moyenne 52,49 wt%), de FeO entre 40,58-44,74 wt% (moyenne 42,94 wt%) et de MgO entre 1,40-4,80 wt% (moyenne 3,24 wt%). Les contenus en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  varient entre 0,11-0,16 wt% (moyenne 0,12 wt%; 6 échantillons s.l.d.). Le contenu en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  varie entre 0,05-0,12 wt% (moyenne 0,08 wt%). Les webstérites à olivine tardives (n=4) montrent des valeurs de  $\text{TiO}_2$  entre 52,10-53,09 wt% (moyenne 52,67 wt%), de FeO entre 44,49-47,23 wt% (moyenne 46,03 wt%) et de MgO entre 0,04-2,08 wt% (moyenne 0,93 wt%). Dans le cas de l' $\text{Al}_2\text{O}_3$ , une seule analyse (RPP-124-B-14) a rapporté un contenu de 0,14 wt%. Le contenu en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  varie entre 0,09-0,10 wt% (moyenne 0,094 wt%). Les webstérites à olivine tardives montrent un enrichissement en FeO et un appauvrissement en  $\text{TiO}_2$  et MgO par rapport aux webstérites à olivine précoces.

Les ilménites des amphibolites (n=4) présentent des contenus en  $\text{TiO}_2$ , FeO et MgO qui caractérisent ces roches comme étant moins évoluées que les webstérites à olivine tardives. Les valeurs de  $\text{TiO}_2$  varient entre 51,51-53,03 wt% (moyenne 52,34 wt%), de FeO entre 43,04-44,87 wt% (moyenne 43,82 wt%) et de MgO entre 2,21-3,09 wt% (moyenne 2,71 wt%). Dans le cas de l' $\text{Al}_2\text{O}_3$  une seule analyse (IL-3139-A-13) a rapporté un contenu de 0,12 wt%. Le contenu en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  varie entre 0,05-0,12 wt% (moyenne 0,09 wt%).

Les ilménites des roches mafiques de la SMUN (n=4) montrent généralement les valeurs en  $\text{TiO}_2$  et MgO les plus évoluées du système, alors que les valeurs de FeO sont similaires à celles des webstérites à olivine. Les contenus en  $\text{TiO}_2$  varient entre 50,88-52,66% (moyenne 51,73%), en FeO entre 43,90-46,20% (moyenne 45,46%) et en MgO entre 0,27-0,70% (moyenne 0,52%). Les contenus en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  varient entre 0,11-0,16 wt% (moyenne 0,13 wt%; 1 échantillon s.l.d.). Dans les cas du  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , une seule analyse (RPP-111-14) a rapporté un contenu de 0,05 wt%.

En plus des roches de la SMUN, une ilménite de l'amphibolite basaltique (RPP-26-14) et une d'un des métasédiments (RPP-01-B-14) du GLH ont été analysées. Ces ilménites rapportent des valeurs en  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  similaires à celles des roches mafiques de la SMUN. L'amphibolite basaltique présente des contenus en  $\text{TiO}_2$  de 51,89 wt%, en  $\text{FeO}$  de 45,68 wt%, en  $\text{MgO}$  de 0,18 wt%, en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  de 0,136 wt% (groupe enrichi en Al) et en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  de 0,03 wt%. Le métasédiment présente des contenus en  $\text{TiO}_2$  de 51,89 wt%, en  $\text{FeO}$  de 45,36 wt% et en  $\text{MgO}$  de 0,89 wt%. Leur contenu en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  sont s.l.d.

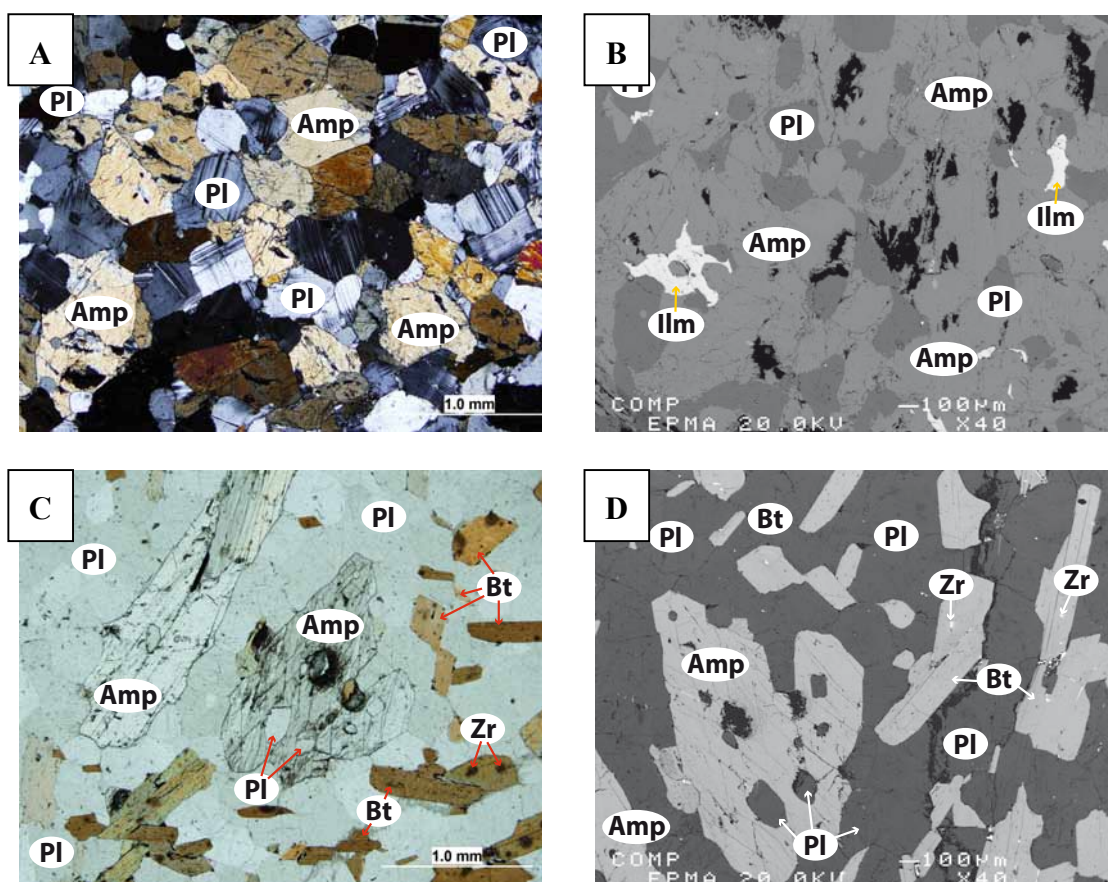


**Figure 6.14.** Diagrammes binaires de la composition des ilménites : (A) Corrélation négative entre le  $\text{TiO}_2$  et le  $\text{FeO}$ . (B) Corrélation positive entre le  $\text{TiO}_2$  et le  $\text{MgO}$ . (C) Absence de corrélation entre le  $\text{TiO}_2$  et le  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . (D) Faible corrélation positive entre le  $\text{TiO}_2$  et le  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

### 6.2.5. Plagioclase

Les éléments majeurs et mineurs analysés sont :  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{SiO}_2$  et  $\text{FeO}$  (annexe 3G).

Le plagioclase (figure 6.15) est un minéral absent des roches ultramafiques et présent dans les roches mafiques de la SMUN, dans les amphibolites basaltiques et les métasédiments du GLH. En raison de cette limitation, le nombre d'analyses est relativement faible.



**Figure 6.15.** Photos des plagioclases : (A) Affleurement RPP-111-14. Gabbro à amphibole à texture granoblastique observé en lame mince. (B) Affleurement RPP-111-14 en image composée des électrons rétrodiffusés à la microsonde. (C) Affleurement RPP-01-B-14. Métasédiment à amphibole observé en lame mince. (D) Mêmes grains que la photo précédente (C) en image composée des électrons rétrodiffusés à la microsonde.

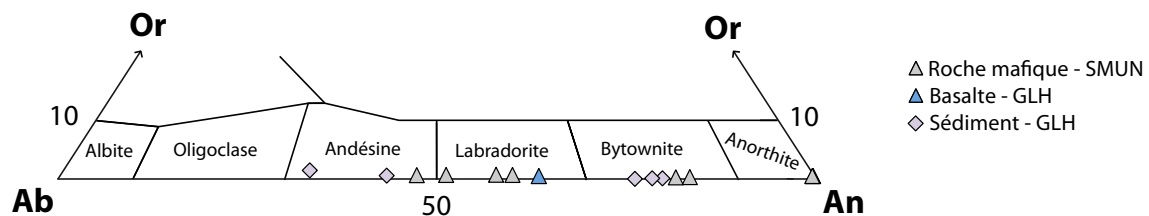
Les plagioclases des roches mafiques de la SMUN (échantillons RPP-21-14, RPP-63-A-14, RPP-100-14, RPP-111-14) présentent des contenus variables en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  et  $\text{SiO}_2$ . Ces plagioclases peuvent être classifiés en trois groupes : i) composé par RPP-63-A-14 (n=3), qui présente des contenus en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  entre 36,69-37,17 wt% (moyenne 36,99 wt%), en  $\text{CaO}$  entre 20,05-20,32 wt% (moyenne 20,23 wt%) et en

SiO<sub>2</sub> entre 42,26-42,57 wt% (moyenne 42,38 wt%). Une seule analyse montre des contenus en Na<sub>2</sub>O de 0,04 wt% dans les deux autres cas (2 échantillons s.l.d.). Les 3 échantillons montrent des contenus en K<sub>2</sub>O s.l.d.; ii) composé par RPP-111-14 (n=2), qui présente des contenus en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> entre 33,66-33,70 wt% (moyenne 33,68 wt%), en CaO entre 16,52-16,86 wt% (moyenne 16,69 wt%), en Na<sub>2</sub>O entre 1,85-2,06 wt% (moyenne 1,95 wt%) et en SiO<sub>2</sub> entre 47,68-47,82 wt% (moyenne 47,75 wt%). Le contenu en K<sub>2</sub>O des plagioclases est s.l.d.; iii) composé par RPP-21-14 (n=2) et RPP-100-14 (n=2), qui présentent des contenus en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> entre 26,92-29,44 wt% (moyenne 28,44 wt%), en CaO entre 9,68-12,44 wt% (moyenne 11,12 wt%), en Na<sub>2</sub>O entre 4,60-6,00 wt% (moyenne 5,42 wt%) et en SiO<sub>2</sub> entre 53,73-56,74 wt% (moyenne 54,98 wt%). Ce dernier groupe est le seul à présenter des traces en K<sub>2</sub>O, entre 0,05 et 0,06 wt%.

Dans les roches du GLH, un seul grain de plagioclase a été analysé dans la seule amphibolite basaltique récoltée, alors que trois échantillons de roches métasédimentaires contiennent du plagioclase. Les plagioclases de l'amphibolite basaltique RPP-26-14 présente des contenus similaires à légèrement supérieurs à ceux du groupe iii des roches mafiques de la SMUN : 30,08 wt% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 12,96 wt% CaO, 4,13 wt% Na<sub>2</sub>O, 0,04 wt% K<sub>2</sub>O et 52,66 wt% SiO<sub>2</sub>. Dans les métasédiments, deux groupes peuvent être différenciés : i) constitué par RPP-01-B-14 (n=3), qui présente des contenus en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> entre 32,19-32,92 wt% (moyenne 32,58 wt%), en CaO entre 15,74-16,17 wt% (moyenne 16,00 wt%), en Na<sub>2</sub>O entre 2,30-2,76 wt% (moyenne 2,51 wt%) et en SiO<sub>2</sub> entre 48,14-48,52 wt% (moyenne 48,34 wt%). Le contenu en K<sub>2</sub>O est s.l.d.; ii) composé par RPP-20-14 et RPP-102-14, avec une analyse de plagioclase dans chaque échantillon. RPP-20-14, présente des contenus de 26,20 wt% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 8,89% CaO, 6,49 wt% Na<sub>2</sub>O, 0,09 wt% K<sub>2</sub>O et 57,56 wt% SiO<sub>2</sub>, alors que RPP-102-14 présente des contenus de 24,81 wt% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 6,72 wt% CaO, 7,64 wt% Na<sub>2</sub>O, 0,23 wt% K<sub>2</sub>O et 60,15 wt% SiO<sub>2</sub>.

Le contenu en An =  $(100 \times \text{CaO} / (\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}))$  des plagioclases montrent que les plagioclases des roches de la SMUN et du GLH présentent des contenus variables entre l'anorthite et l'andésine (figure 6.16). Les roches mafiques de la SMUN contiennent des plagioclases de type anorthite, bytownite, labradorite et andésine. Cependant, un des échantillons présente un patron atypique avec An<sub>99</sub>, l'échantillon RPP-63-A-14. Cette anomalie est aussi reflétée dans l'échantillon DB-1128-C-13 (données pas montrés), récolté à proximité de RPP-63-A-14 et constitué également par

des plagioclases à An<sub>99</sub>. Le seul évènement qui pourrait expliquer ce contenu est l'intense métamorphisme subi par ces roches. La roche mafique du GLH est constituée de plagioclases de type labradorite, alors que les métasédiments sont constitués de plagioclases de type bytownite et andésine. Ces compositions pourraient refléter autant le métamorphisme que la source des plagioclases.



**Figure 6.16.** Contenu en anorthite,  $An = (100 \times CaO / (CaO + Na_2O + K_2O))$ , des plagioclases des roches mafiques de la SMUN et des roches mafiques et des métasédiments du GLH.

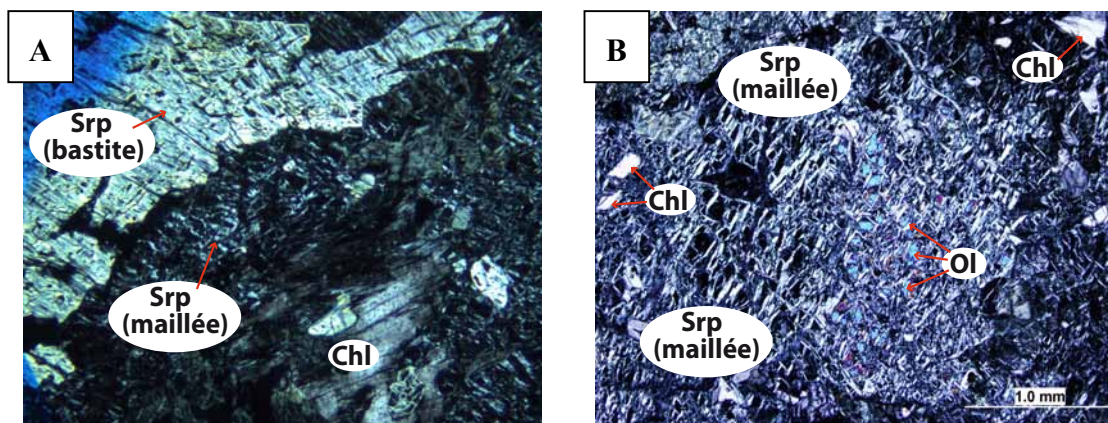
### 6.3. Minéraux secondaires

La minéralogie secondaire est le résultat de l'altération ou de la transformation métamorphique des minéraux primaires. Ces minéraux peuvent, ou pas, préserver des caractéristiques primaires tels que la morphologie des minéraux qui sont remplacés (pseudomorphes). Cependant, parfois le remplacement est complet et seulement la chimie minérale peut aider à déterminer le minéral à l'origine. Les données qui suivent représentent les résultats de la composition chimique des différents minéraux secondaires à la microsonde électronique.

#### 6.3.1. Serpentine

La serpentine (figure 6.17) est un minéral résultant généralement de l'altération de l'olivine (figures 6.17A et 6.17B) et/ou des pyroxènes (figure 6.17A). Le clivage observé dans les serpentines peut être associée au minéral d'origine. De cette manière, l'identification du minéral primaire est relativement facile puisque les serpentines provenant de l'altération des olivines présenteront une texture maillée, tandis que celles des pyroxènes présenteront des textures de type bastite. Cette caractéristique a permis de limiter le nombre d'analyses des serpentines ( $n=22$ ).





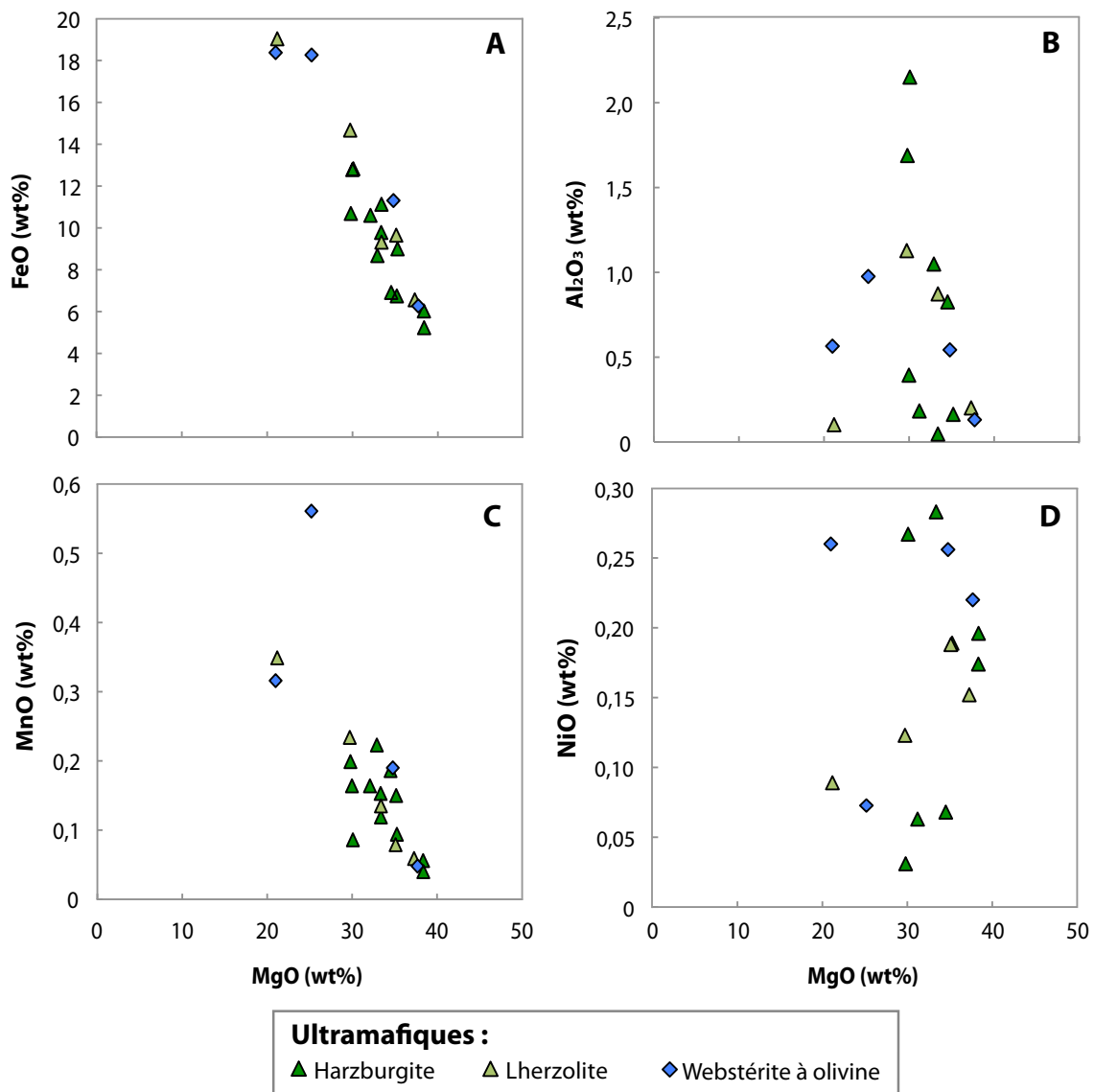
**Figure 6.17.** Photos des serpentines : (A) Affleurement RPP-59-4-14. Serpentines de type bastite (altération du pyroxène) et de type maillée (altération de l'olivine) observées en lame mince. (B) Affleurement RPP-04-14. Serpentine de type maillée observée en lame mince. Contient des reliques d'olivine.

Les éléments majeurs et mineurs analysés sont :  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  et  $\text{K}_2\text{O}$  (annexe 3H).

Il n'existe pas de grandes différences compositionnelles entre les serpentines des différentes lithologies (harzburgites, lherzolites et webstérites à olivine; figure 6.18). Les composants majoritaires des serpentines sont  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$  et  $\text{FeO}$ , qui constituent 80 à 85% de la composition. L'autre composant majoritaire est le  $\text{H}_2\text{O}$ , qui constitue 10 à 20%. Les éléments mineurs et traces ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  et  $\text{K}_2\text{O}$ ) constituent généralement de 0,5 à 2% de la composition totale. Ainsi, les serpentines présentent des contenus de  $\text{SiO}_2$  entre 36,85-45,69 wt% (moyenne 40,05 wt%), de  $\text{MgO}$  entre 20,99-38,39 wt% (moyenne 32,27 wt%) et de  $\text{FeO}$  entre 5,23-19,04 wt% (moyenne 10,66 wt%; figure 6.18A). Les éléments mineurs et traces les plus représentatifs des serpentines sont :  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (figure 6.18B),  $\text{MnO}$  (figure 6.18C),  $\text{NiO}$  (figure 6.18D) et  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (pas montré). De cette manière, les serpentines présentent des contenus de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  entre 0,05-2,15 wt% (moyenne 0,69 wt%; 6 échantillons s.l.d.), de  $\text{MnO}$  entre 0,05-0,56 wt% (moyenne 0,17 wt%; 1 échantillon s.l.d.), de  $\text{NiO}$  entre 0,03-0,28 wt% (moyenne 0,12 wt%; 7 échantillons s.l.d.) et de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  entre 0,04-0,19 wt% (moyenne 0,10 wt%; 16 échantillons s.l.d.). Les serpentines analysées montrent un haut contenu en  $\text{FeO}$  par rapport aux analyses des serpentines de Bowles et al. (2011; <1,5 wt%  $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Le contenu élevé en  $\text{FeO}$  des analyses des serpentines de la SMUN pourrait représenter un mélange de phases, tel que serpentine et chlorite.

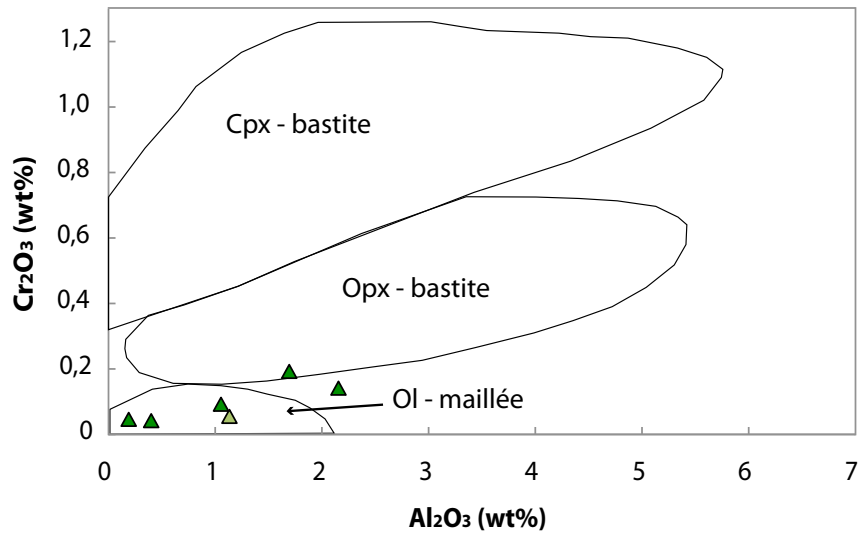
Malgré le grand nombre d'éléments qui ont été analysés, les corrélations qui sont observées regroupent tous les échantillons. Ces corrélations générales semblent être

associées au contenu de ces éléments dans les minéraux primaires et leur degré d'altération.



**Figure 6.18.** Diagrammes binaires de la composition des serpentines des roches ultramafiques de la SMUN : (A) Corrélation négative entre le FeO et le MgO. (B) Absence de corrélation entre le Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et le MgO. (C) Absence de corrélation entre le NiO et le MgO. (D) Corrélation négative entre le MnO et le MgO pour l'ensemble des roches ultramafiques de la SMUN.

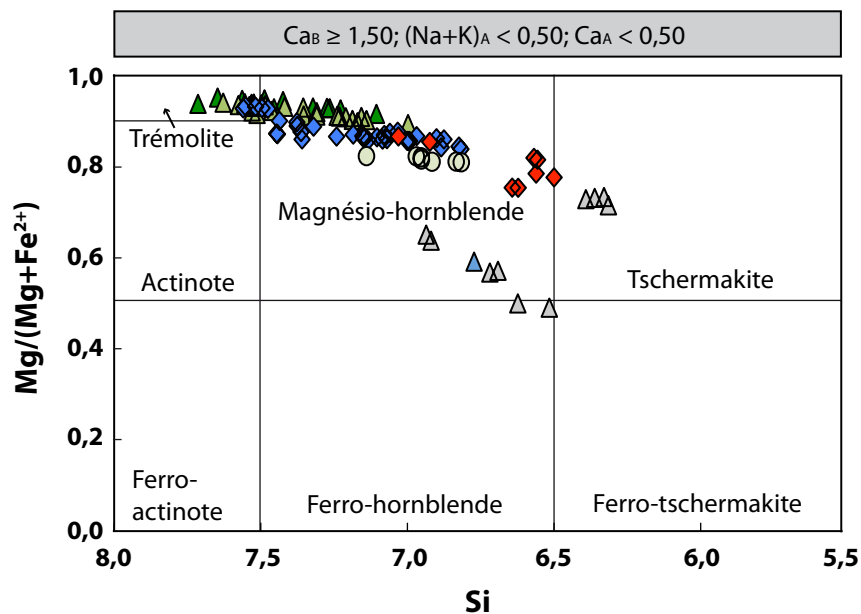
Parfois, reconnaître le minéral primaire à partir duquel la serpentine s'est développée n'est pas facile. Pour ces serpentines, des diagrammes binaires tel que Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vs Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (figure 6.19) peuvent être utilisés afin de reconnaître le minéral original. La plupart des serpentines des roches ultramafiques proviennent de l'altération des olivines, tandis que la bastite est retrouvée localement associée aux échantillons RPP-04-14 et RPP-59-4-14 (figure 6.17).



**Figure 6.19.** Diagramme binaire du contenu en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (wt%) et en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (wt%) des serpentines de certaines roches ultramafiques de la SMUN. Ce diagramme binaire permet d'identifier le minéral primaire à partir duquel s'est développé la serpentine : olivine, orthopyroxène ou clinopyroxène (modifié de Dungan, 1979; Azer et Khalil, 2005).

### 6.3.2. Amphibole

Les amphiboles de la SMUN ont une origine métamorphique et la plupart ont une composition calcique (trémolite, magnésio- et ferro-hornblende, tschermakite : figure 6.20) et parfois ferro-magnésienne (anthophyllite : figure 6.21). Il s'agit d'une phase présente de façon générale dans toutes les roches en différente proportion, des traces dans les harzburgites (< 5%) jusqu'à une phase majeure dans les amphibolites et les roches mafiques (> 40%).



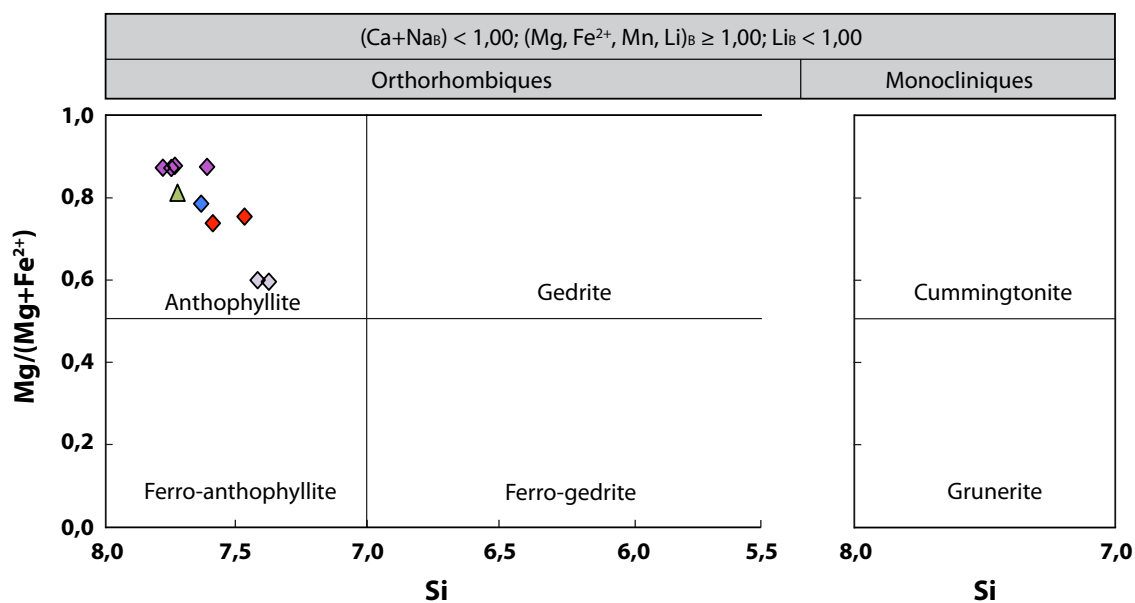
**Ultramafiques :**

- ▲ Harzburgite      ◆ Webstérite à olivine
- ▲ Lherzolite      ◆ Webstérite à olivine tardive

**Mafiques :**

- △ Gabbro
- Amphibolite
- ▲ Amphibolite basaltique (GLH)

**Figure 6.20.** Classification des amphiboles calciques pour les roches mafiques et ultramafiques de la SMUN et l'amphibolite basaltique du GLH (Leake et al., 1997).



**Ultramafiques :**

- ▲ Lherzolite      ◆ Webstérite à olivine
- ◆ Webstérite      ◆ Webstérite à olivine tardive

**GLH :**

- ◇ Métasédiments

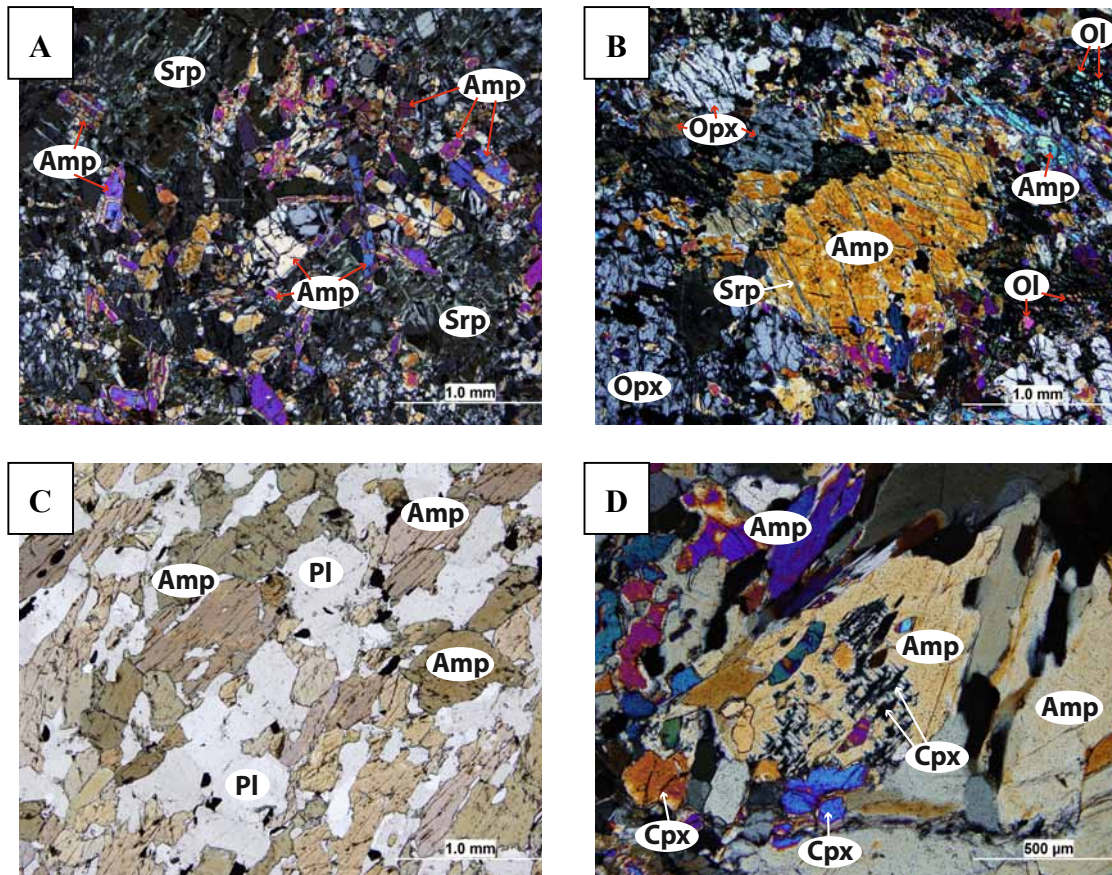
**Figure 6.21.** Classification des amphiboles ferro-magnésiennes pour les roches ultramafiques de la SMUN et les roches métasédimentaires du GLH (Leake et al., 1997).



### 6.3.2.1. Amphiboles calciques

Les éléments majeurs et mineurs analysés sont :  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$  et  $\text{NiO}$  (annexe 3I).

Théoriquement, les amphiboles calciques sont composées selon la nomenclature de Leake et al. (1997) des amphiboles monocliniques dans lesquelles  $\text{Ca}_B \geq 1,5$ . Il s'agit des amphiboles les plus abondantes dans les roches ultramafiques et mafiques de la SMUN.



**Figure 6.22.** Photos des amphiboles calciques : (A) Affleurement RPP-74-14. Grains d'amphibole de type trémolite de taille inférieure à 1 mm et entourés de serpentine. (B) Affleurement RPP-56-14. Amphibole de type magnésio-hornblende en lame mince entourée d'orthopyroxène, reliques d'olivine et serpentine. (C) Affleurement RPP-100-14. Amphiboles de type ferro-hornblende observées en lame mince. (D) Affleurement RPP-62-A-14. Amphiboles de type tschermakite contenant des exsolutions de clinopyroxène.

La composition des amphiboles (figures 6.23 et 6.24) semble refléter leur origine métamorphique.

Les amphiboles des harzburgites ( $n=12$ ) présentent une plage compositionnelle de  $\text{Mg\#} = \text{Mg} \times 100 / (\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$  entre 91,61-95,20 (moyenne 93,56). Les contenus en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  et  $\text{NiO}$  présentent de fortes variations, entre 1,97-7,39 wt% (moyenne 3,80

wt%), 0,04-0,85 wt% (moyenne 0,32 wt%) et 0,04-0,12 wt% (moyenne 0,07 wt%; 1 échantillon s.l.d.) respectivement. Par contre, les contenus en  $\text{TiO}_2$ , MnO, CaO et  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  présentent des variations modérées à faibles. Le contenu en  $\text{TiO}_2$  varie entre 0,19-0,78 wt% (moyenne 0,48 wt%), le contenu en MnO varie entre 0,06-0,10% (moyenne 0,08 wt%), le contenu en CaO varie entre 12,21-12,78 wt% (moyenne 12,52 wt%) et le contenu en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  varie entre 0,05-0,56 wt% (moyenne 0,32 wt%).

Les amphiboles des lherzolites (n=26) montrent une plage compositionnelle de Mg# entre 89,38-94,08 (moyenne 92,16). De façon similaire aux harzburgites, les contenus en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  et NiO présentent des variations fortes, entre 3,04-7,72 wt% (moyenne 5,08 wt%), entre 0,05-1,14 wt% (moyenne 0,31 wt%) et entre 0,03-0,11 wt% (moyenne 0,07 wt%; 2 échantillons s.l.d.) respectivement. Alors que les contenus en  $\text{TiO}_2$ , MnO, CaO et  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  présentent des variations modérées à faibles. Le contenu en  $\text{TiO}_2$  varie entre 0,27-0,79 wt% (moyenne 0,47 wt%), en MnO entre 0,07-0,10 wt% (moyenne 0,07 wt%), en CaO entre 12,04-13,23 wt% (moyenne 12,60 wt%) et en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  entre 0,20-0,45 wt% (moyenne 0,30 wt%).

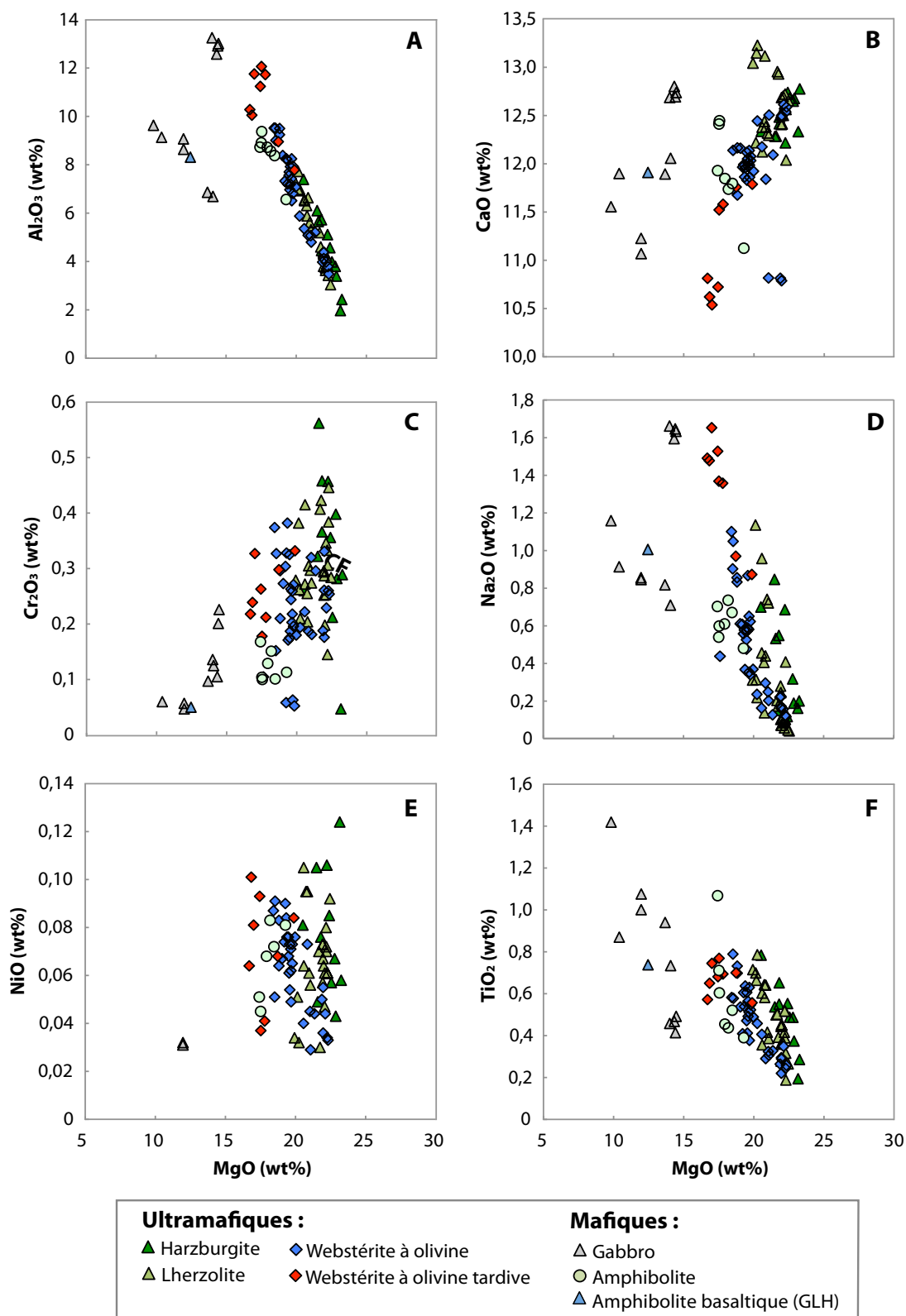
Les amphiboles des webstérites à olivine précoces (n=34) présentent une gamme de compositions en Mg# entre 83,85-93,28 (moyenne 87,60), alors que les webstérites à olivine tardives présentent de Mg# de 75,36-86,65 (moyenne 80,30). Les premières montrent des variations importantes en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , MnO, CaO,  $\text{Na}_2\text{O}$  et NiO, tandis que les secondes présentent des variations importantes en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , CaO et NiO, et de façon mineure, en  $\text{Na}_2\text{O}$ . Ainsi, les amphiboles des webstérites à olivine précoces montrent des contenus en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  qui varient entre 3,48-9,51 wt% (moyenne 6,68 wt%), en MnO entre 0,08-1,16 wt% (moyenne 0,11 wt%), en CaO entre 10,81-12,61 wt% (moyenne 11,99 wt%), en  $\text{Na}_2\text{O}$  entre 0,12 -1,10 wt% (moyenne 0,47 wt%) et en NiO entre 0,03-0,10 wt% (moyenne 0,06 wt%; 2 échantillons s.l.d.). Par contre, les contenus en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , CaO, NiO et  $\text{Na}_2\text{O}$  des amphiboles des webstérites à olivine tardives (n=8) varient entre 7,79-12,06 wt% (moyenne 10,48 wt%), entre 10,54-11,79 wt% (moyenne 11,17 wt%), entre 0,04-0,10 wt% (moyenne 0,07 wt%) et entre 0,87-1,65 wt% (moyenne 1,34 wt%) respectivement. Les amphiboles des webstérites à olivine précoces et des webstérites à olivine tardives présentent des variations modérées à faibles dans les contenus en  $\text{TiO}_2$  et  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . De plus, les deuxièmes présentent de faibles variations dans le contenu en MnO. Dans les amphiboles des webstérites à olivine précoces le contenu en  $\text{TiO}_2$  varie entre 0,22-0,79 wt% (moyenne 0,46 wt%) et le contenu en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  entre 0,15-0,38 wt% (moyenne 0,25 wt%). Dans le cas des amphiboles des webstérites à olivine tardives, le

contenu en  $\text{TiO}_2$  varie entre 0,56-0,77 wt% (moyenne 0,67 wt%), en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  entre 0,18-0,33 wt% (moyenne 0,26 wt%) et en  $\text{MnO}$  entre 0,13-0,19 wt% (moyenne 0,15 wt%).

Les amphiboles des amphibolites ( $n=7$ ) montrent une plage compositionnelle de  $\text{Mg\#}$  entre 89,38-94,08 (moyenne 92,16). Les contenus en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  et  $\text{TiO}_2$  présentent de fortes variations, tandis que les contenus en  $\text{MnO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  et  $\text{NiO}$  présentent des variations modérées à faibles. Les contenus en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  et  $\text{TiO}_2$  varient entre 6,56-9,37 wt% (moyenne 8,46 wt%), entre 11,13-12,45 wt% (moyenne 11,90 wt%) et entre 0,39-1,07 wt% (moyenne 0,60 wt%) respectivement. Les contenus en  $\text{MnO}$  varient entre 0,12-0,15 wt% (moyenne 0,14 wt%), en  $\text{Na}_2\text{O}$  entre 0,48-0,74 wt% (moyenne 0,62 wt%), en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  entre 0,10-0,17 wt% (moyenne 0,12 wt%) et en  $\text{NiO}$  entre 0,05-0,08 wt% (moyenne 0,07 wt%).

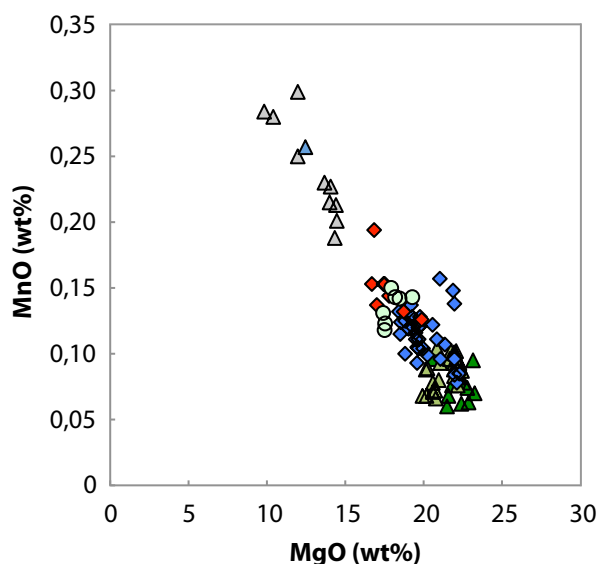
Les amphiboles des gabbros ( $n=10$ ) montrent une vaste plage compositionnelle de  $\text{Mg\#}$ , entre 48,99-73,34 (moyenne 63,35). Les contenus en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  et  $\text{TiO}_2$  présentent de fortes variations. Les contenus en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , varient entre 6,69-13,25 wt% (moyenne 10,18 wt%), en  $\text{CaO}$  entre 11,07-12,80 wt% (moyenne 12,06 wt%), en  $\text{Na}_2\text{O}$  entre 0,71-1,66 wt% (moyenne 1,18 wt%) et  $\text{TiO}_2$  entre 0,41-1,42 wt% (moyenne 0,79 wt%). Par contre, les contenus en  $\text{MnO}$  et  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  présentent des variations modérées à faibles. Les contenus en  $\text{MnO}$  varient entre 0,19-0,30 wt% (moyenne 0,24 wt%) et en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  entre 0,05-0,23 wt% (moyenne 0,12 wt%). Deux analyses ont rapporté un contenu en  $\text{NiO}$  de 0,03 wt% (8 échantillons s.l.d.). La seule amphibole de l'amphibolite basaltique appartenant au GLH présente des contenus similaires aux gabbros : 8,31 wt%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 11,91 wt%  $\text{CaO}$ , 1,01 wt%  $\text{Na}_2\text{O}$ , 0,74 wt%  $\text{TiO}_2$ , 0,26 wt%  $\text{MnO}$ , 0,05 wt%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Le  $\text{NiO}$  est s.l.d.





**Figure 6.23.** Diagrammes binaires de la composition des amphiboles calciques : (A) Corrélation négative entre le  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et le  $\text{MgO}$ . (B) Absence de corrélation entre le  $\text{CaO}$  et le  $\text{MgO}$ . (C) Absence de corrélation entre le  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  et le  $\text{MgO}$ . (D) Faible corrélation négative entre le  $\text{Na}_2\text{O}$  et le  $\text{MgO}$ . Deux tendances peuvent s'observer : une vers les roches mafiques de la SMUN et du GLH et une autre vers les roches ultramafiques et mafiques de la SMUN. (E) Absence de corrélation entre le  $\text{NiO}$  et le  $\text{MgO}$ . (F) Faible corrélation négative entre le  $\text{TiO}_2$  et le  $\text{MgO}$ .

Le seul élément qui présente une corrélation négative dans laquelle tous les échantillons se répartissent sur une seule tendance est le MnO (figure 6.24). Les patrons observés dénotent l'héritage des phases primaires, tels que les pyroxènes et les plagioclases. Ces tendances irrégulières suggèrent un rééquilibrage métamorphique similaire pour toutes les roches de la SMUN et, en plus, sans différenciation entre le cœur et la bordure des grains.

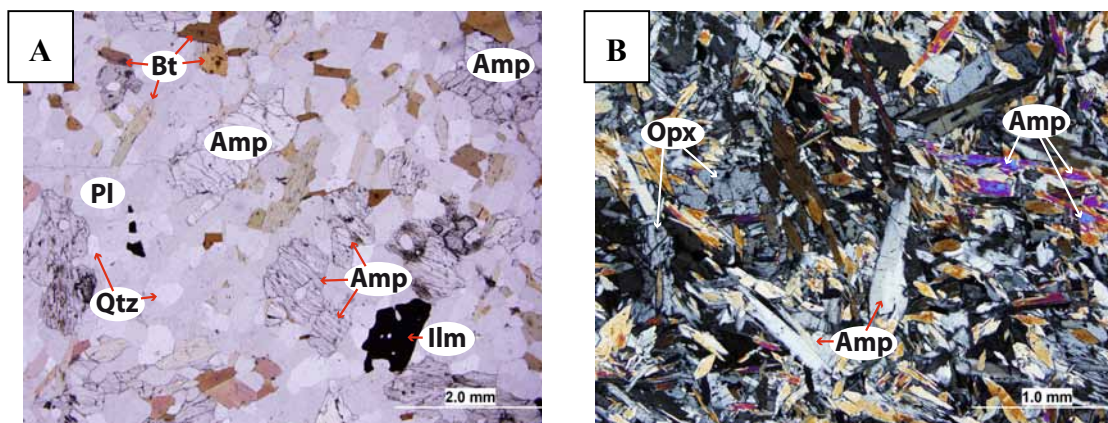


**Figure 6.24.** Diagramme binaire de la composition des amphiboles calciques : corrélation négative entre le MnO et le MgO. Le Mn semble être le seul élément qui dénote l'héritage des phases primaires, puisque il est possible de bien identifier les différentes lithologies de la SMUN et des roches mafique du GLH. Légende dans la figure 6.23.

### 6.3.2.2. Amphiboles ferro-magnésiennes

Les éléments majeurs et mineurs analysés sont : SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, FeO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, MnO et NiO (annexe 3I).

Les amphiboles ferro-magnésiennes ne sont pas nombreuses dans les roches de la SMUN. Seulement cinq échantillons contiennent des amphiboles appartenant à ce groupe, et elles sont représentées par de l'anthophyllite : RPP-01-A-14, RPP-24-14, RPP-80-14 (figure 6.25A), RPP-120-B-14, RPP-126-14. Ce type d'amphibole est aussi observé sur un échantillon appartenant au GLH, le métasédiment RPP-01-B-14 (figure 6.25B).



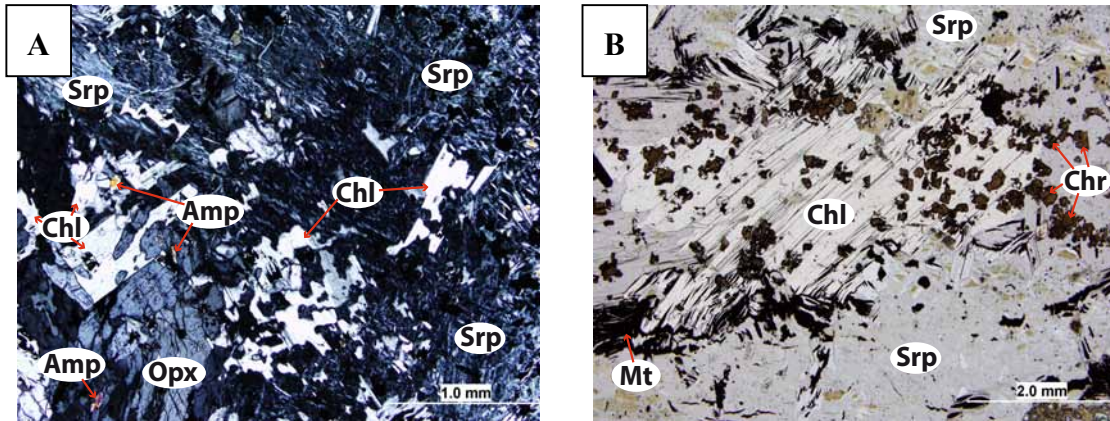
**Figure 6.25.** Photos des amphiboles ferro-magnésiennes : (A) Affleurement RPP-01-B-14. Amphiboles entourées principalement de plagioclase, quartz et biotite dans un métasédiment. (B) Affleurement RPP-80-14. Amphibole ferro-magnésienne accompagnée d'orthopyroxènes et de chlorites.

Un seul grain a été analysé sur chacun de ces échantillons RPP-01-A-14, RPP-24-14, RPP-120-B-14 et RPP-126-14. Seulement l'échantillon RPP-80-14 a été analysé de façon plus détaillé, avec les analyses du cœur et de la bordure de deux grains. Ces analyses montrent une tendance d'enrichissement en FeO et d'appauvrissement en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , CaO et  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  du cœur vers la bordure. MnO, MgO, NiO et  $\text{TiO}_2$  ne montrent pas de variations significatives entre le cœur et la bordure (voir annexe 3I).

### 6.3.3. Chlorite

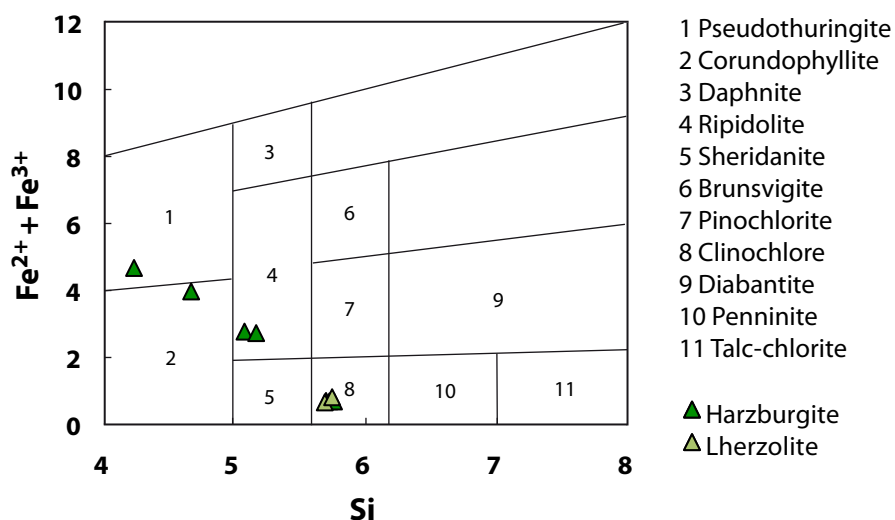
Les éléments majeurs et mineurs analysés sont les mêmes que ceux des amphiboles (annexe 3J).

La chlorite est un minéral résultant généralement de l'altération des minéraux ferro-magnésiens tels que les pyroxènes et de l'altération des plagioclases. Cette phase minérale peut être, ou non, présente dans les roches de la SMUN. Seulement certains échantillons, des harzburgites et des lherzolites, ont été analysés afin d'optimiser le temps d'analyse.



**Figure 6.26.** Photos des chlorites : (A) Affleurement RPP-09-B-14. Chlorites entourées de serpentine, orthopyroxène et traces d'amphibole. La morphologie des chlorites est remarquable, et elle semble provenir de l'altération des plagioclases. (B) Affleurement RPP-147-14. Chlorite avec des inclusions de spinelle chromifère. La bordure des grains de chlorite sont généralement associées à de la magnétite, tandis que les deux phases apparaissent entourées de serpentine.

D'après la nomenclature de Hey (1954), les chlorites de la SMUN se classifient en pseudothuringites, corundophyllites, ripidolites et clinochlores (figure 6.27). Malgré la présence de différents types, les chlorites présentes dans les roches ultramafiques de la SMUN ne présentent pas de grandes variations compositionnelles (n=12). MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et FeO sont les trois composants majoritaires des chlorites, et varient entre 29,66-32,06 wt% MgO, 19,09-20,39 wt% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et 2,99-4,75 wt% FeO. Également, les composants mineurs, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO et TiO<sub>2</sub>, ne présentent pas des fortes variations. Ils montrent des valeurs entre 0,60-1,56 wt% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, entre 0,09-0,24 wt% NiO et entre 0,09-0,18 wt% TiO<sub>2</sub>.



**Figure 6.27.** Diagramme de classification des chlorites d'après la nomenclature de Hey (1954). Si et Fe<sup>2+</sup>+Fe<sup>3+</sup> représentent le nombre d'atomes par formule unitaire.

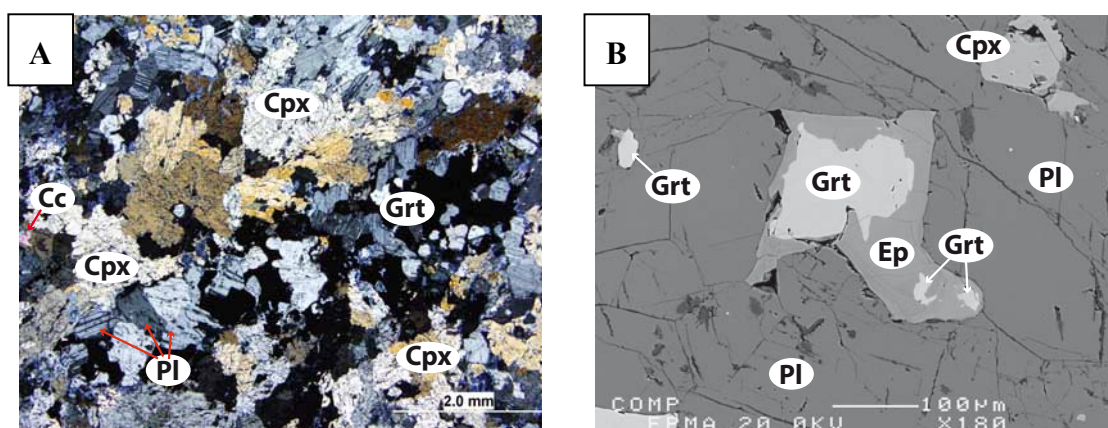
#### 6.3.4. Grenat

Les éléments majeurs et mineurs analysés sont les mêmes que ceux des amphiboles et des chlorites (annexe 3K).

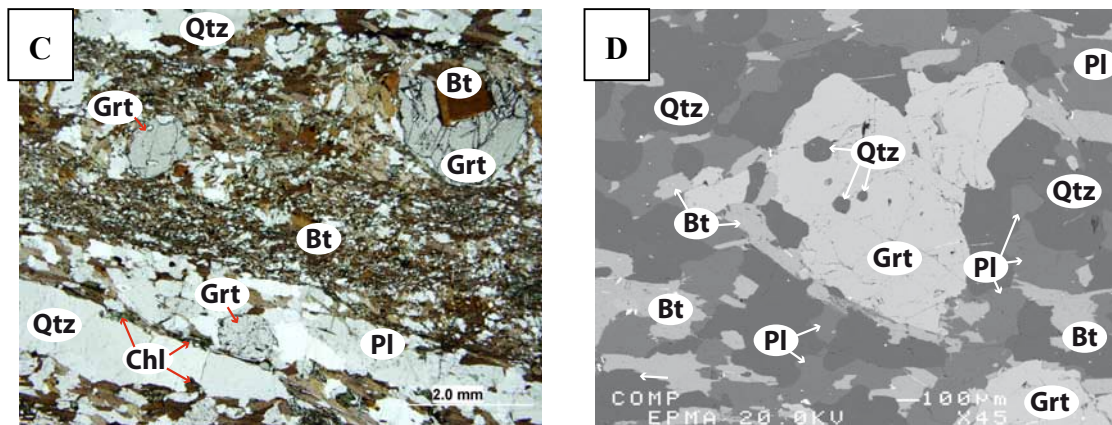
Le grenat est un minéral observable localement sur un échantillon mafique appartenant à la SMUN (RPP-63-A-14) et sur les métasédiments du GLH (RPP-01-B-14, RPP-20-14). Les grenats présentent des compositions différentes dans les deux types de roches et du cœur vers la bordure.

Dans la roche mafique (figures 6.28A et 6.28B), le cœur du principal grenat analysé présente une composition de  $\text{Grs}_{58}\text{Alm}_{27}\text{Prp}_{7,5}\text{Adr}_{4,3}\text{Sps}_{3,2}$ , tandis que la bordure présente une composition de  $\text{Grs}_{62}\text{Alm}_{24}\text{Prp}_{6,6}\text{Adr}_{4,9}\text{Sps}_{2,5}$ . Les autres grains analysés présentent des compositions similaires entre cœur et bordure. La roche mafique à laquelle ces grains sont associés semble être un dyke. La composition principale des grenats est le grossulaire, un grenat typique du métamorphisme de contact et des skarns (Roubault et al., 1963). Les grenats sont localisés à la bordure du dyke, ce qui pourrait suggérer une origine métamorphique lors du contact avec la roche encaissante ultramafique.

Dans la roche métasédimentaire RPP-20-14 (figures 6.28C et 6.28D), le cœur du seul grenat analysé présente une composition de  $\text{Prp}_{41}\text{Adr}_{38}\text{Alm}_{21}$ , tandis que la bordure présente une composition de  $\text{Adr}_{56,7}\text{Prp}_{43,3}$ . Ce grenat a une origine métamorphique.







**Figure 6.28.** Photos des grenats : (A) Affleurement RPP-63-A-14. Grains de grenat partiellement résorbés observés en lame mince. Ces grains sont généralement entourés de plagioclase, clinopyroxène et de traces de calcite. (B) Même affleurement que la photo précédente. Grenat partiellement transformé en épidote en image composée des électrons rétrodiffusés à la microsonde. (C) Affleurement RPP-20-14. Grains de grenat post-tectoniques entourés de bandes mélanocrates (biotite) ou de bandes leucocrates (quartz et plagioclase). (D) Même affleurement que la photo précédente. Grain de grenat avec des inclusions de quartz et entouré de quartz, plagioclase et biotite en image composée des électrons rétrodiffusés à la microsonde.





## CHAPITRE 7 – POTENTIEL ÉCONOMIQUE

Le potentiel économique des ophiolites ne peut pas être considéré comme négligeable puisqu'elles renferment différents types de gisements. L'origine des gisements peut être attribuée à l'activité magmatique et/ou hydrothermale associée aux dorsales océaniques (des accumulations de chromite dans les roches mantelliques, à la base de la croûte ou dans les cumulats dunitiques à pyroxénitiques (Pagé, 2006) et des sulfures massifs volcanogènes du type Chypre associés aux basaltes; Sillitoe, 1973), aux processus de déformation et d'altération syn-obduction (formation de fibres de chrysotile lors de la serpentinisation) ou aux processus post-obduction et associés à l'altération des ophiolites (des dépôts de Ni et Fe latéritiques; Coleman, 1977).

De façon exceptionnelle, les ophiolites peuvent contenir de hautes teneurs en ÉGP associées à la présence de sulfures disséminés (e.g. Shetland; Neary et al., 1984) ou à une abondance de minéraux du groupe du platine dans les chromitites (Thetford Mines; Corrivaux et Laflamme, 1990). La concentration en ÉGP des ophiolites dépend du degré de fusion partielle du manteau et de la saturation en soufre. Prichard et al. (1996) suggèrent que les ophiolites enrichies en ÉGP sont associées à des zones de subduction, où le manteau a subi de hauts taux de fusion partielle. Généralement les ÉGP se retrouvent associés aux sulfures disséminés dans les unités ultramafiques crustales ou dans certaines chromitites.

### 7.1. Les sulfures

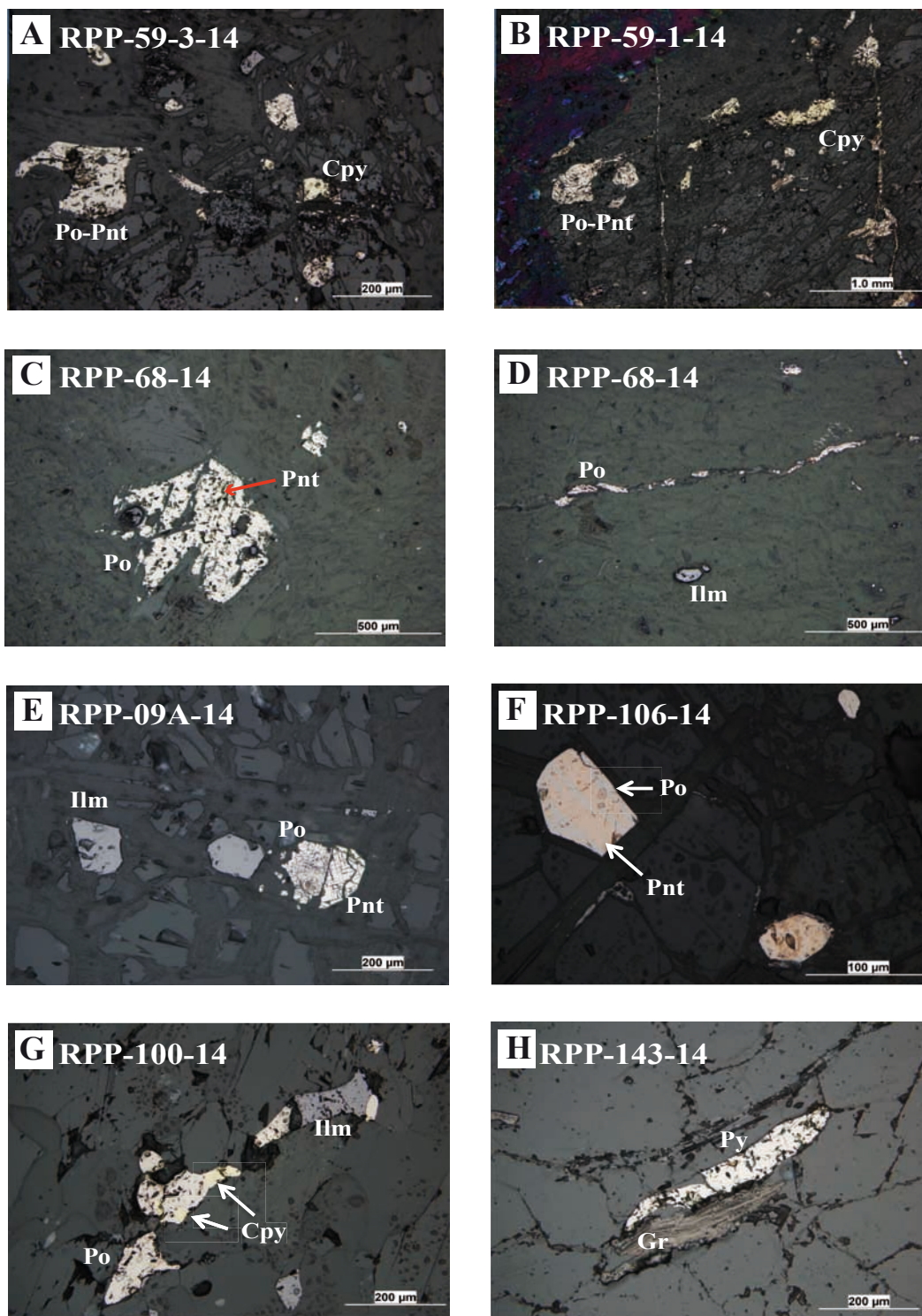
La minéralisation sulfurée (Pnt, Po, Cpy et Py) de la SMUN varie selon la lithologie, mais généralement se présente sous la forme des grains subidiomorphes à xénomorphes disséminés. Le contenu en sulfures des roches de la SMUN est généralement inférieur à 1%, à exception de l'indice Phiroda (tableau 2), qui contient environ 3% de sulfures. L'assemblage sulfuré des roches de la SMUN est composé de Po-Pnt-Cpy $\pm$ Py (figure 7.1), avec une diminution de la teneur en Pnt des péridotites vers les pyroxénites et les roches mafiques (absente dans ces derniers). Les métasédiments du GLH localisés aux alentours de la SMUN peuvent contenir ou non des sulfures (< 1%). L'assemblage sulfuré des roches métasédimentaires est composé de Py $\pm$ Po $\pm$ Cpy. La présence de Cpy dans les métasédiments met en évidence la mobilité du Cu.

**Tableau 2.** Indice Phiroda. Cible de Ni-Cu±ÉGP identifiée dans la SMUN, composée de 3 échantillons récoltés dans un rayon de 200 mètres.

<b>Indice Phiroda</b>		
<b>Échantillon</b>	<b>Indice</b>	<b>Commentaires</b>
<b>RPP-59-1-14</b>	0,8% Ni	
<b>RPP-59-1-14</b>	0,93% Cr	
<b>RPP-03-A1-14</b>	0,13 % Cu	Mylonite ultramafique*
<b>RPP-03-A2-14</b>	61 ppb Pd	Mylonite ultramafique*
<b>RPP-59-1-14</b>	11 ppb Pt	

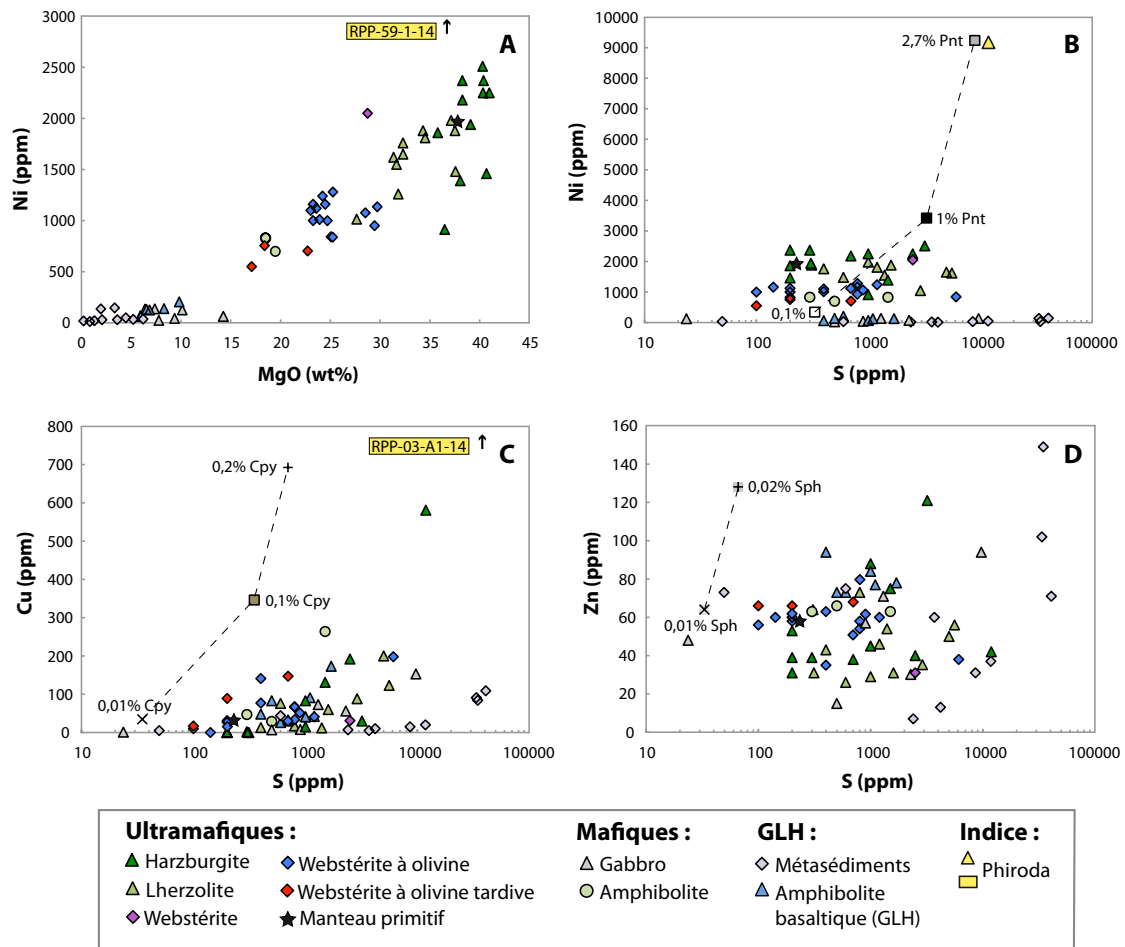
\* Pas inclus dans ce mémoire à exception du chapitre 7 (relié à l'indice Phiroda).

Le contenu en Ni des roches de la SMUN est généralement faible à très faible par rapport au manteau primitif (figure 5.4), à l'exception des harzburgites, qui montrent des concentrations similaires au manteau (2000-2200 ppm; Barnes et Maier, 1999). Cet élément montre un comportement différent selon la présence ou l'absence de sulfures. En absence de sulfures, l'olivine exercera un plus grand contrôle sur cet élément. Dans la figure 7.2.A, une corrélation positive entre le Ni et le MgO est observée. Cette corrélation suggère en effet que l'olivine est la phase qui contrôle le Ni, ce qui pourrait expliquer la dispersion des échantillons dans le diagramme Ni vs S (figure 7.2.B). En général, les roches de la SMUN contiennent moins de 1% de Pnt, à exception de Phiroda (figure 7.2.A). Le Cu et Zn (figures 7.2.C et 7.2.D respectivement) montrent également un comportement différent en présence ou en absence de sulfures. Pour les roches de la SMUN, on note une absence de corrélation entre ces deux éléments et le S. Le contenu en chalcopryrite est inférieur à 0,1% Cpy (à l'exception de Phiroda, qui contient 3% de sulfures; tableau 2), et le contenu en sphalérite est inférieur à 0,02% Sph (à l'exception de certaines roches métasédimentaires des alentours de la SMUN).



**Figure 7.1.** Photos de la minéralisation sulfurée des roches de la SMUN et du GLH : dans les harzburgites (A, B, C et D) la minéralisation est dominée par Pnt-Po-Cpy sous la forme des grains subidiomorphes à xénomorphes ou de veinules. Dans les Iherzolites (E) la minéralisation est composée de Pnt-Po-Cpy (Cpy absente dans la photo) sous la forme de grains subidiomorphes à xénomorphes. Dans les webstérites à olivine (F) la minéralisation est composée de Po-Cpy±Pnt (Cpy absente dans la photo). Dans les gabbros (G) la minéralisation est dominée par Po-Cpy-Py (Py absente dans la photo). La minéralisation dans les métasédiments du GLH (H) est composée de Py±Po±Cpy (seulement Py présente dans la

photo). Des oxydes (ilménite principalement) sont aussi observés dans les roches ultramafiques et mafiques de la SMUN. Du graphite peut être observé dans les métasédiments du GLH.

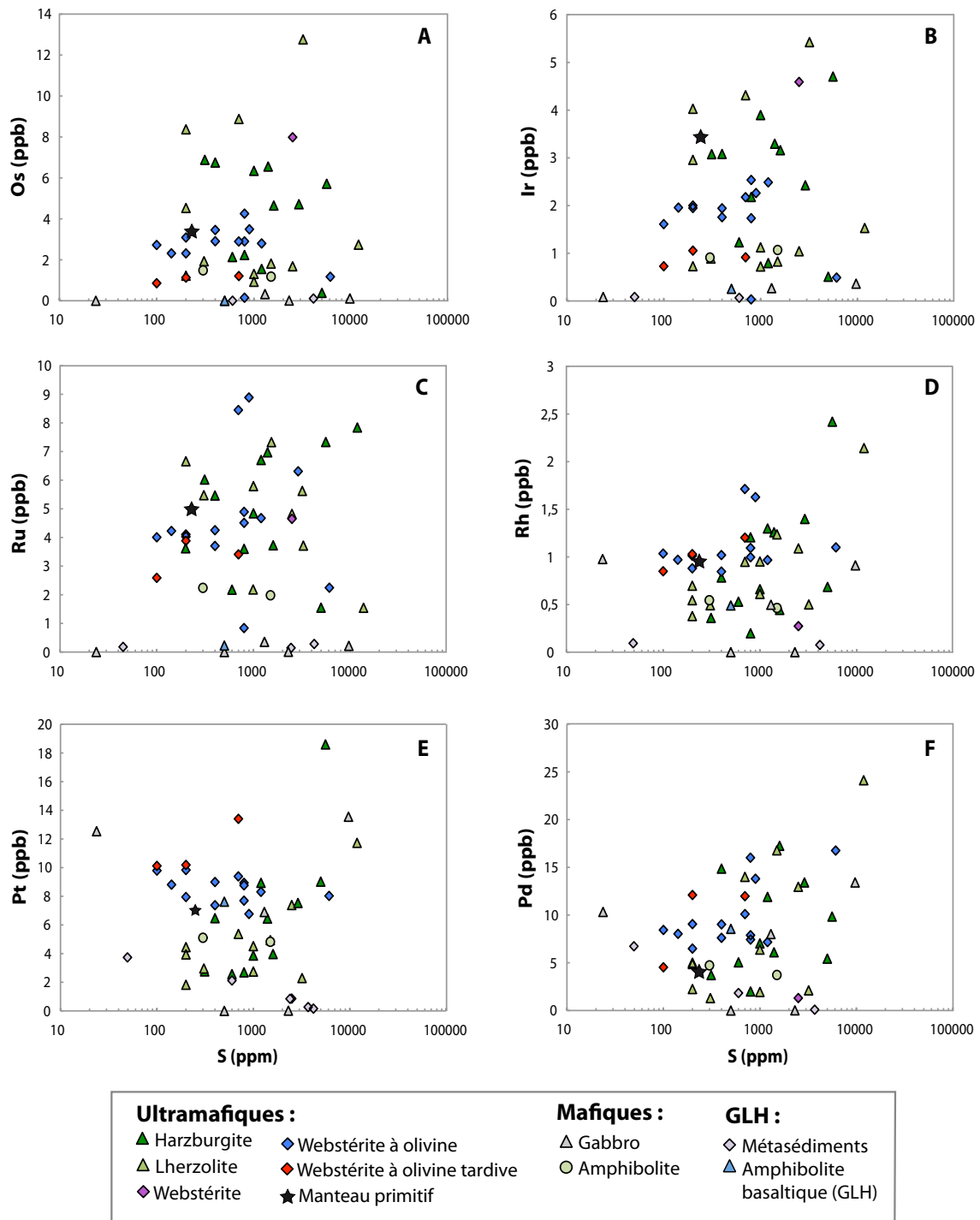


**Figure 7.2.** Diagrammes binaires : (A) Corrélation positive entre le Ni et le MgO qui suggère le contrôle du Ni par l'olivine. (B) Dispersion des échantillons dans un diagramme Ni vs S qui suggère que les sulfures ne contrôlent pas le Ni. (C) Dispersion des échantillons dans un diagramme Cu vs S qui suggère que les sulfures ne contrôlent pas le Cu. (D) Dispersion des échantillons dans un diagramme Zn vs S qui suggère que les sulfures ne contrôlent pas le Zn. Des pourcentages de pentlandite (A), de chalcoppyrite (C) et de sphalérite (D) sont inclus dans les figures afin d'estimer le contenu en sulfures des roches de la SMUN et des roches métasédimentaires environnantes.

## 7.2. Les ÉGP

Le soufre est un élément mineur dans le manteau supérieur (~ 230 ppm S; Lyubetskaya et Korenaga, 2007) mais il s'associe et contrôle les ÉGP (Mitchell et Keays, 1981). Généralement, on observe une absence de corrélation dans les diagrammes binaires entre le S et les ÉGP (figure 7.3), et donc les ÉGP ne sont pas contrôlés par cet élément. De façon générale, l'absence de corrélation bien définie entre le S et les ÉGP et le contenu élevé en S de certaines roches semblent résulter d'un

processus d'altération ou suite au passage des fluides hydrothermaux aussi responsables de la mobilité du S.



**Figure 7.3.** Diagrammes binaires entre : (A) L'Os et le S. (B) L'Ir et le S. (C) Le Ru et le S. (D) Le Rh et le S. (E) Le Pt et le S. (F) Le Pd et le S. Une absence de corrélation est observée entre le S et les ÉGP de façon générale.



## CHAPITRE 8 : MÉTAMORPHISME

### 8.1. Introduction

Environ 3 km à l'est de la zone d'étude se trouve le Couloir de Déformation de Blumath. Il s'agit d'une zone de déformation régionale à mouvement inconnu et d'orientation nord-sud qui sépare la Zone Noyau et l'Orogène des Torngat. Cette structure est aussi caractérisée par le passage des faciès amphibolites dans la Zone Noyau à des faciès des granulites dans l'Orogène des Torngat.

Les roches mafiques-ultramafiques de la SMUN sont caractérisées par un métamorphisme et une déformation variables. Ces corps semblent avoir atteint le faciès des granulites pour être ensuite rétrogradés aux faciès des amphibolites et des schistes verts. Les preuves du métamorphisme au faciès des granulites des roches ultramafiques de la SMUN sont difficiles à observer dû à l'altération des roches. Toutefois, des évidences indirectes peuvent être observés sur les roches mafiques de la SMUN et sur les métasédiments du GLH.

Dans la plupart des cas, le métamorphisme des corps ultramafiques est isofacial avec les roches des alentours, c'est-à-dire, le grade métamorphique est similaire dans l'ensemble des roches. Cependant, il est aussi possible que les roches ultramafiques présentent un métamorphisme de type allofacial, c'est-à-dire qu'ils auraient subi un métamorphisme rétrograde moindre que les roches des alentours, préservant ainsi un grade métamorphique plus élevé (Evans, 1977).

### 8.2. Les roches ultramafiques de la SMUN

La minéralogie des roches ultramafiques est généralement rétrogradée, suite à la baisse de température et de pression lors de l'exhumation de ces roches.

L'assemblage minéralogique des roches ultramafiques est généralement composé de:

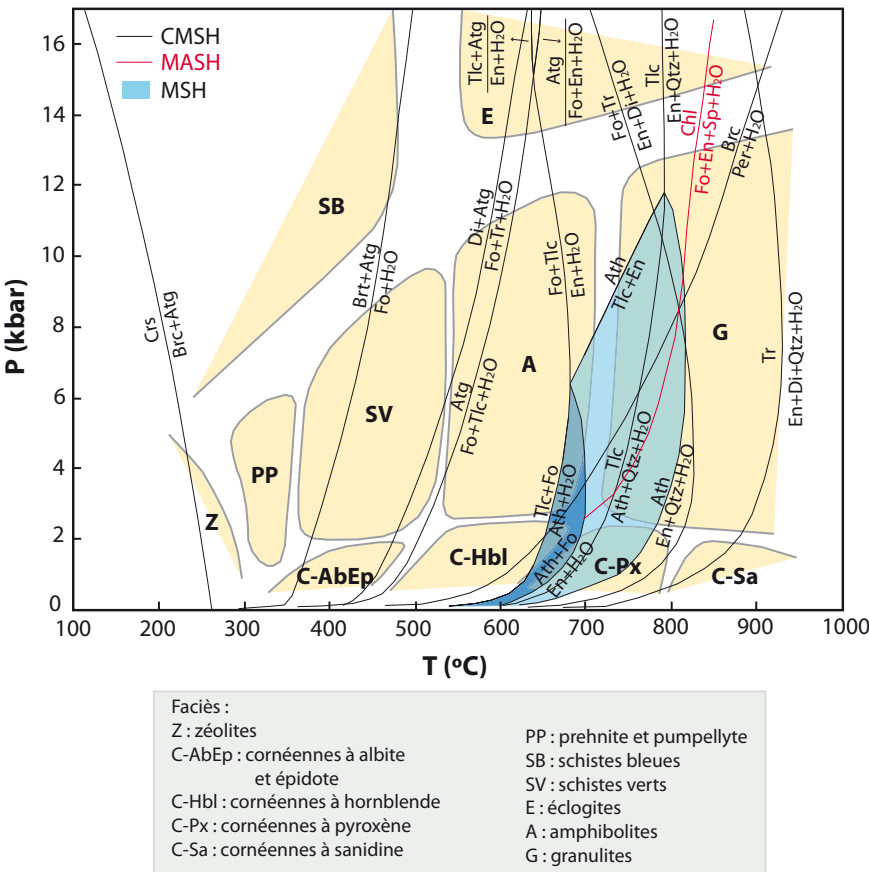
- Harzburgite :  $\text{Srp} + \text{Ol} + \text{Opx} (\pm \text{Amp}) + \text{Chl} + \text{Chr} + \text{Hcn} + \text{Ilm} + \text{Mt} + \text{Sul} \pm \text{Tlc}$
- Lherzolite :  $\text{Srp} + \text{Ol} + \text{Opx} + \text{Amp} (\pm \text{Cpx}) + \text{Chl} + \text{Chr} + \text{Hcn} + \text{Ilm} + \text{Mt} + \text{Sul}$
- Webstérite :  $\text{Opx} + \text{Amp} + \text{Ilm} + \text{Sul}$
- Webstérite à olivine :  $\text{Srp} + \text{Ol} + \text{Opx} + \text{Amp} + \text{Chl} + \text{Chr} + \text{Hcn} + \text{Ilm} + \text{Mt} + \text{Sul} \pm \text{Tlc} \pm \text{Cc}$
- Webstérite à olivine tardives :  $\text{Srp} + \text{Ol} + \text{Opx} + \text{Amp} + \text{Ilm} + \text{Sul} \pm \text{Chl} \pm \text{Hcn} \pm \text{Dol}$

L'assemblage métamorphique des roches ultramafiques de la SMUN est composé de serpentine (principalement antigorite et probablement lizardite), amphibole (trémolite et



hornblende principalement, anthophyllite localement), chlorite, hercynite et orthopyroxène.

Malgré la présence de ces phases, le parcours P-T est difficile à établir dû à l'intense altération des roches. Par contre, les champs de stabilité de certains des minéraux métamorphiques peuvent être identifiés dans la figure 8.1 (Spear, 1993; Winter, 2001), qui représente principalement le système CMSH (CaO – MgO – SiO<sub>2</sub> – H<sub>2</sub>O) pour les roches ultramafiques saturées en H<sub>2</sub>O.



**Figure 8.1.** Grille pétrogénétique pour les roches ultramafiques saturées en H<sub>2</sub>O dans le système CaO – MgO – SiO<sub>2</sub> (CMSH) générée à partir du logiciel TWQ (Berman, 1988, 1990, 1991). La région bleutée foncée représente le champ de stabilité de l'anthophyllite dans la composition typique des roches ultramafiques, tandis que le champ bleu clair représente le champ de stabilité de l'anthophyllite pour toutes les compositions des roches ultramafiques, inclus les compositions plus siliceuses (système MgO – SiO<sub>2</sub> – H<sub>2</sub>O; MSH; Bucher et Frey, 1994). La réaction "Chl out" du système MgO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – SiO<sub>2</sub> – H<sub>2</sub>O (MASH; Bucher et Frey, 1994) est représentée en rouge. Modifiée de Spear, (1993) et Winter (2001).

Pendant le refroidissement du système CMSH, les roches ultramafiques sont dominées par le développement des serpentines lors de l'altération des olivines et, probablement des pyroxènes. À moins de 570°C, l'antigorite (figure 8.2A) se développe à partir des réactions :

(1)  $\text{Fo} + \text{Tlc} + \text{H}_2\text{O} = \text{Atg}$ , à basse pression ( $< 8$  kbar)

(2)  $\text{Fo} + \text{Tr} + \text{H}_2\text{O} = \text{Di} + \text{Atg}$ , à haute pression ( $> 8$  kbar)

Entre 350 et 450°C l'hydratation de l'olivine est à l'origine de deux types de serpentine, l'antigorite et la brucite, lors de la réaction :

(3)  $34 \text{ Fo} + 51 \text{ H}_2\text{O} = 20 \text{ Brc} + \text{Atg}$

L'antigorite devient instable lorsque la température du système descend. À près de 250°C, la réaction entre l'antigorite et la brucite génère du chrysotile:

(4)  $3 \text{ Brc} + \text{Atg} = 17 \text{ Crs}$

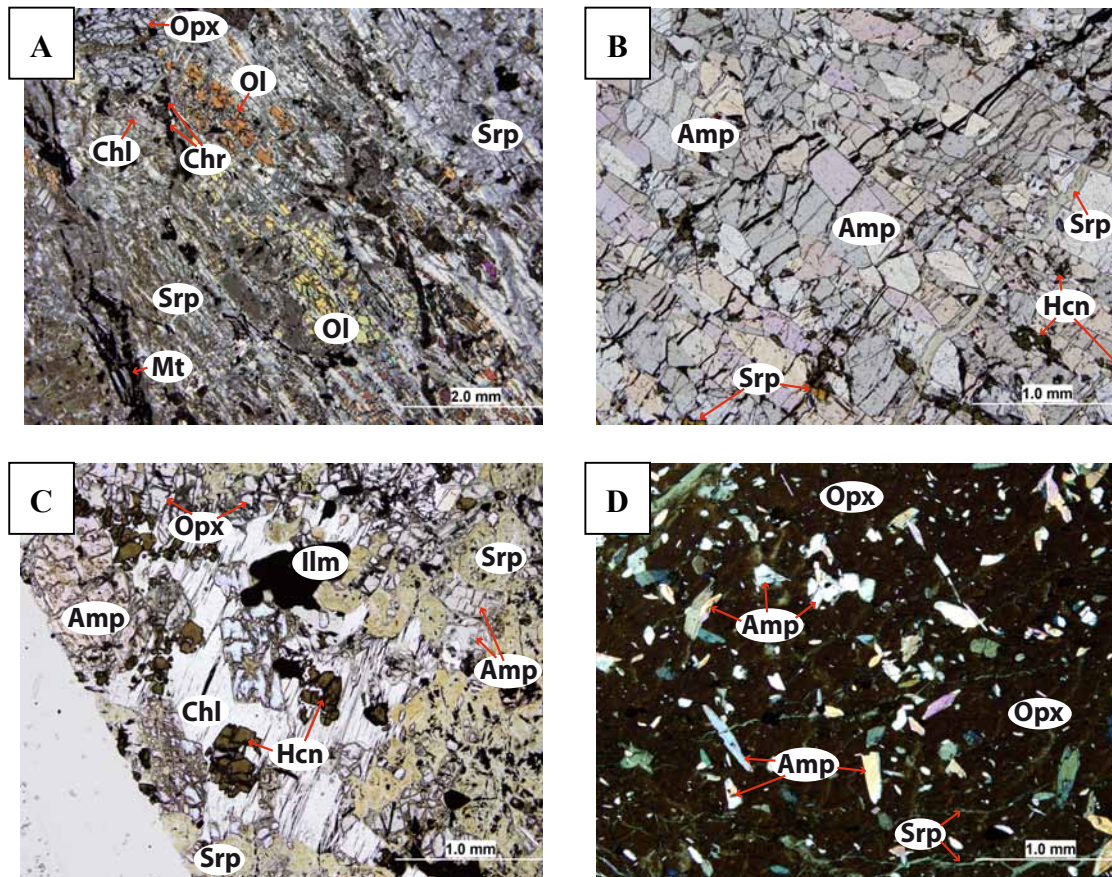
Les serpentines de type brucite et chrysotile sont très rarement observées en lame mince, et donc, les conditions métamorphiques à basse pression et température sont difficiles à établir.

Les principaux types d'amphibole (figure 8.2B, 8.2C et 8.2D) présentes dans les roches ultramafiques sont la trémolite et la hornblende. La trémolite est stable entre 570 et 920°C (faciès des amphibolites et des granulites) dans le système CMSH. À haute température, il existe un remplacement de la trémolite par la hornblende (Deer et al., 1992), ce qui pourrait expliquer la présence de ces deux phases de façon contemporaine. L'anthophyllite est présente localement sur certains échantillons (voir la section 6.3.2.2. *Amphiboles ferro-magnésiennes*). Ce type d'amphibolite est stable majoritairement aux faciès des granulites, mais aussi des amphibolites et dans certaines cornéennes (figure 8.1)

Dans les systèmes appauvris en Si, la chlorite (figure 8.2A et 8.2C) peut se développer lors de l'altération des pyroxènes et des amphiboles. Dans les roches de la SMUN les chlorites appartiennent au groupe des chlorites ferriques, pouvant suggérer qu'elles seraient le produit de l'altération des orthopyroxènes.

De façon générale, nous observons que certaines chromites des roches ultramafiques ont été préservées, alors que d'autres ont été partiellement transformées ou même complètement transformées en hercynites (figure 8.2B et 8.2C). Cette altération est typique du métamorphisme de haut grade (Bucher et Frey, 1994).

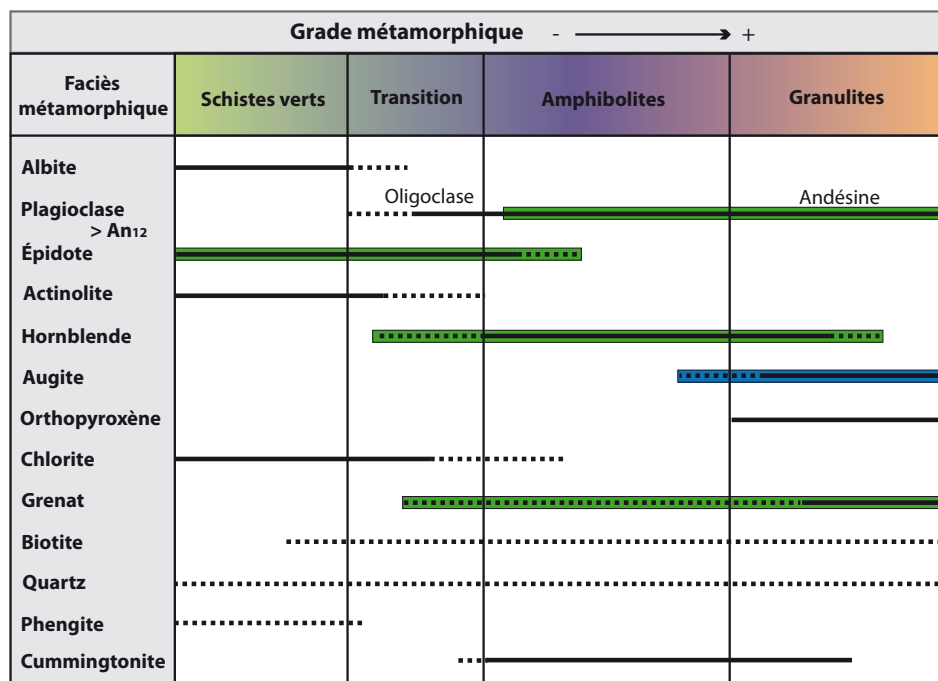
Fréquemment, les orthopyroxènes ne montrent pas autant d'altération que les olivines, pouvant suggérer que leur origine soit métamorphique. Localement, des olivines complètement ou partiellement serpentinisées peuvent être observées en contact avec des orthopyroxènes en apparence bien préservés. Autrement, ces orthopyroxènes peuvent aussi se présenter sous la forme de plages qui entourent des reliques d'olivines ou d'oïkocristaux qui contiennent des inclusions d'amphibole (figure 8.2D).



**Figure 8.2.** Minéraux d'origine métamorphique observés en lame mince dans les roches ultramafiques de la SMUN. (A) Olivine partiellement serpentinisée en antigorite (RPP-147-14); (B) Amphiboles de type hornblende orientées à texture granoblastique et hercynites également orientées (RPP-120-A-14); (C) Chlorite, serpentine, amphibole et hercynite, toutes des phases d'origine métamorphique (RPP-63-C-14); (D) Oïkocrystal d'orthopyroxène et chadocristaux d'amphibole de type trémolite et de type hornblende (RPP-145-14).

### 8.3. Les roches mafiques de la SMUN

Les roches mafiques de la SMUN, composées de gabbros, ne sont pas très nombreuses, mais elles présentent d'importants minéraux d'origine métamorphique qui caractérisent leur parcours. La figure 8.3 (modifiée de Winter, 2001) montre les minéraux typiques des faciès de moyenne et haute température et pression observés en lame mince dans les roches mafiques de la SMUN.



**Figure 8.3.** Minéraux métamorphiques de moyenne et haute température et pression typiques des roches mafiques. L'ombre verdâtre représente les minéraux observés en lame mince, alors que l'ombre bleu représente des reliques du minéral indiqué observés en lame mince dans les roches mafiques de la SMUN (modifié de Winter, 2001).

Les roches mafiques de la SMUN présentent une combinaison de minéraux d'origine ignée et d'origine métamorphique. Les assemblages observés dans les roches mafiques sont :

- RPP-21-14 : Amp+Pl+Ttn+Ilm±Qtz
- RPP-62-A-14 : Amp+Cpx±???
- RPP-100-14 : Amp+Pl+Ttn+Ilm±???
- RPP-111-14 : Amp+Pl+Qtz+Ilm±???

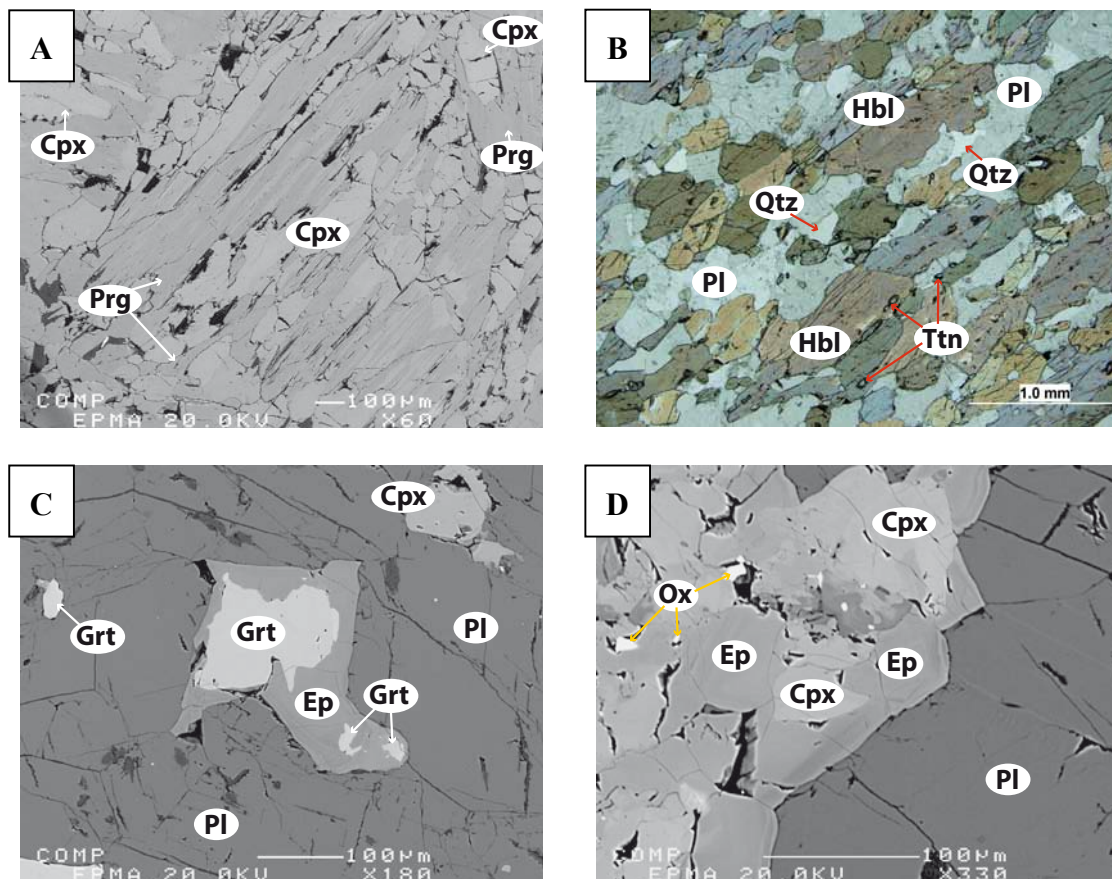
Selon la figure 8.4, dû à la présence de certains minéraux et/ou de reliques, les roches mafiques semblent avoir atteint différents faciès métamorphiques :

- 1) Le faciès des granulites pourrait être défini par la présence d'andésine, d'hornblende et grenat. Toutefois, ces phases sont aussi stables aux faciès des amphibolites. Des reliques d'augite, représentées par des amphiboles de type pargasite observés sur l'échantillon RPP-62-A-14 (figure 8.4A), confirment que cette roche a atteint le faciès des granulites.
- 2) Le faciès des amphibolites est caractérisé dans les roches mafiques par la présence de plagioclase et d'amphibole de type hornblende (figure 8.4B) ou cummingtonite. Dans les échantillons, ce faciès est mis en évidence par la



présence des amphiboles de type hornblende. En plus, certains échantillons contiennent du plagioclase de type andésine (e.g. RPP-100-14).

- 3) Le faciès des schistes verts est caractérisé par la présence d'albite et d'épidote, mais seulement cette dernière est présente dans les roches mafiques de la SMUN. Dans l'échantillon RPP-63-A-14 (figure 8.4C et 8.4D) le rétro-métamorphisme du grenat en épidote met en évidence la transition du faciès des amphibolites jusqu'au faciès des schistes verts.

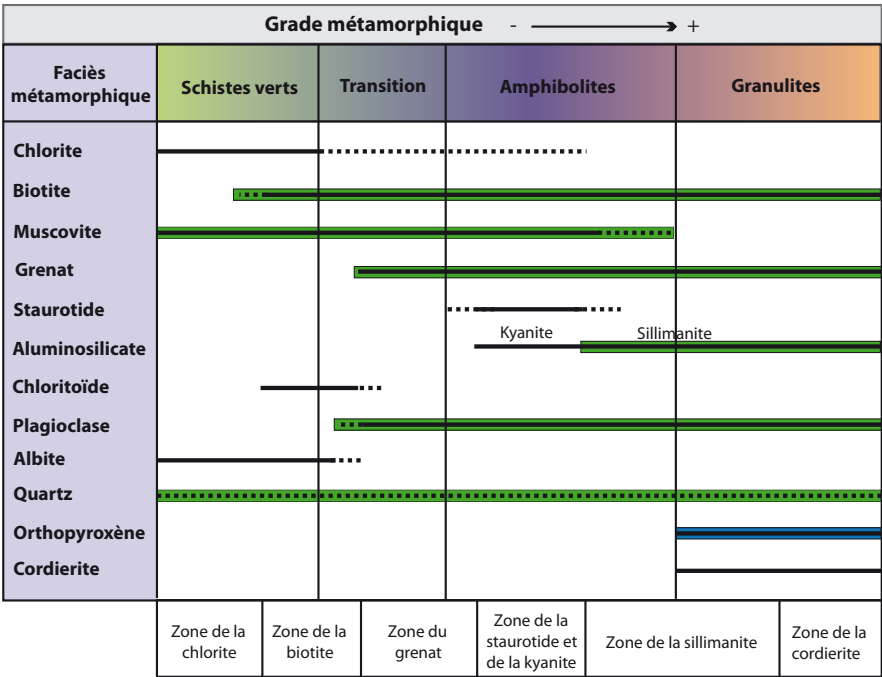


**Figure 8.4.** Minéraux d'origine métamorphique observés en lame mince dans les roches mafiques de la SMUN. (A) Pargasite provenant de l'altération de l'augite en exsolution avec du clinopyroxène (diopside; RPP-62-A-14); (B) Amphiboles de type hornblende, du plagioclase, du quartz et des titanites orientés (RPP-21-A-14); (C) Grenat partiellement remplacé par de l'épidote (RPP-63-A-14). Image composée des électrons rétrodiffusés à la microsonde; (D) Grossissement de la bordure du grain de grenat épidotisé de la photo C. Celle-ci est composée principalement par de l'épidote zonée, mais aussi par des cristaux, possiblement de reliques de clinopyroxène (RPP-63-A-14). Image composée des électrons rétrodiffusés à la microsonde.

#### 8.4. Les roches métasédimentaires du Groupe de Lake Harbour

Les métasédiments du Groupe de Lake Harbour, localisés aux alentours de la SMUN, présentent des assemblages métamorphiques très variés. La figure 8.5 (adaptée de Winter, 2001 et Philpotts et Ague, 2008) montre les minéraux typiques des faciès

métamorphiques formés à des températures et des pressions moyennes à élevées présentes dans les roches métasédimentaires.



**Figure 8.5.** Minéraux typiques des faciès métamorphiques formés à des températures et des pressions moyennes à élevées pour des roches sédimentaires. L’ombre verdâtre représente les minéraux observés en lame mince, alors que l’ombre bleu représente des reliques du minéral indiqué observés en lame mince dans les roches métasédimentaires du GLH (adapté de Winter (2001) et Philpotts et Ague (2008)).

Les métasédiments du GLH contiennent des minéraux typiquement métamorphiques. Les assemblages observés dans ces roches sont :

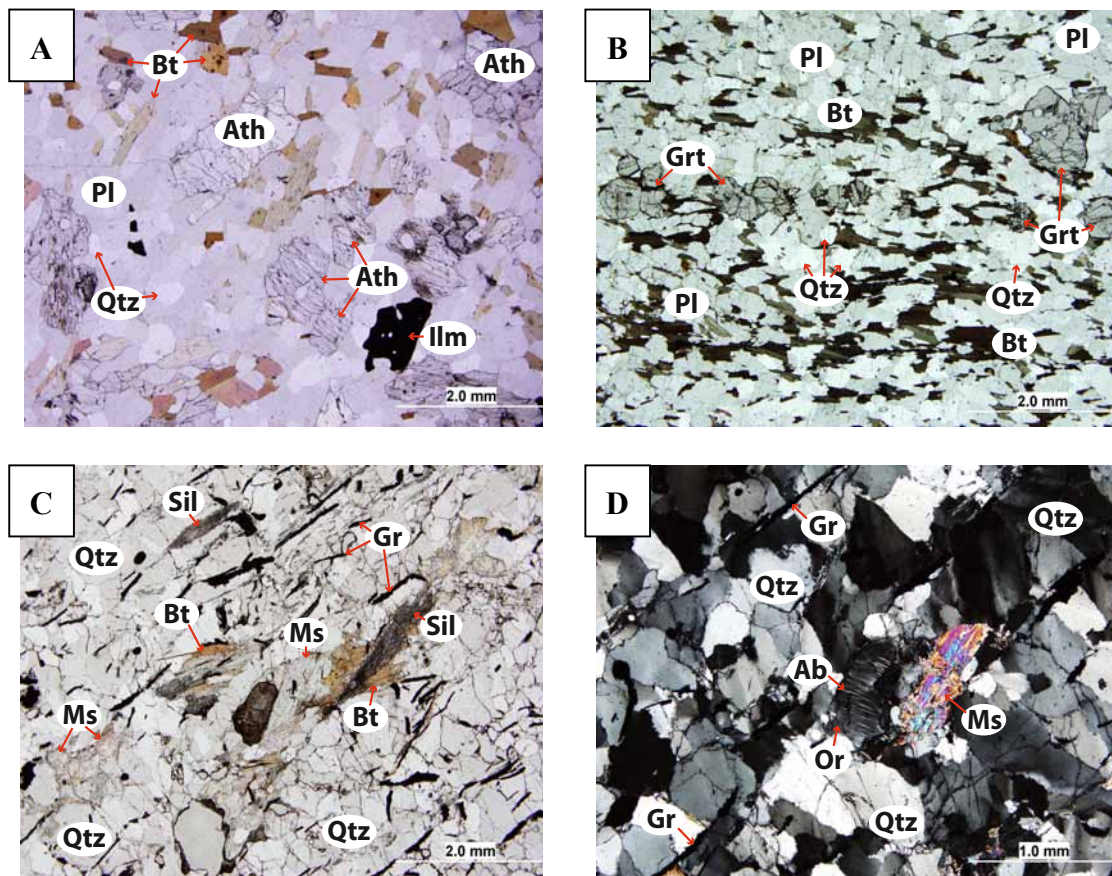
- RPP-01-B-14 : Pl+Qtz+Amf(Ath)+Bt+Ilm±Grt±Zr
- RPP-20-14 : Pl+Qtz+Bt+Grt±[?]±[?]±[?]±[?]±[?]
- [?]±[?]±[?]±[?]±[?]±[?]±[?]±[?]±[?]±[?]
- RPP-102-14 : [?]±[?]±[?]±[?]±[?]±[?]±[?]
- RPP-143-14 : Qtz+Sil+Gr+Ms±[?]±[?]±[?]±[?]±[?]±[?]

Dans la figure 8.6, nous observons la présence de minéraux ou des reliques métamorphiques du faciès des granulites jusqu’au faciès des schistes verts :

- 1) Le faciès des granulites pourraient être définis par la présence de biotite, grenat, sillimanite, plagioclase, quartz et orthopyroxène. Certaines de ces phases sont aussi stables au faciès des amphibolites (biotite, grenat, plagioclase, quartz et sillimanite) et aux faciès des schistes verts (biotite et quartz). Le seul minéral qui peut confirmer que les métasédiments ont atteint

le faciès des granulites est l'orthopyroxène. Ce minéral, observé sur l'échantillon RPP-01-B-14, a été rétro-métamorphisé en amphibole de type anthophyllite. La présence de reliques d'orthopyroxène dans la roche métasédimentaire peut prouver que cette roche a atteint une température entre 780 et 820°C.

- 2) Le faciès des amphibolites est caractérisé par la présence d'amphibole, biotite, muscovite, grenat, plagioclase, quartz et d'un peu de sillimanite. Ce faciès est observé par le remplacement de la sillimanite par la muscovite.
- 3) Le faciès des schistes verts est caractérisé par la présence de muscovite, quartz et, en moindre proportion, de biotite. Ce faciès est difficile à observer puisque ces minéraux sont aussi stables dans le faciès des amphibolites.



**Figure 8.6.** Minéraux d'origine métamorphique observés en lame mince dans les roches métasédimentaires du GLH. (A) Amphiboles de type anthophyllite (RPP-01-B-14); (B) Grenat, biotite, plagioclase et quartz qui pourraient représenter le faciès des amphibolites ou des granulites. Foliation tectono-métamorphique bien développée (RPP-20-14); (C) Présence de sillimanite (faciès des amphibolites ou des granulites) sous la forme de lamelles et de muscovite partiellement altérée en biotite. Foliation tectono-métamorphique bien développée et observable principalement pour l'orientation préférentielle des lamelles de graphite (RPP-143-14); (D) Présence de muscovite (faciès des schistes verts ou des amphibolites; RPP-143-14).



## 8.5. Trajectoire P-T des roches à proximité de la SMUN

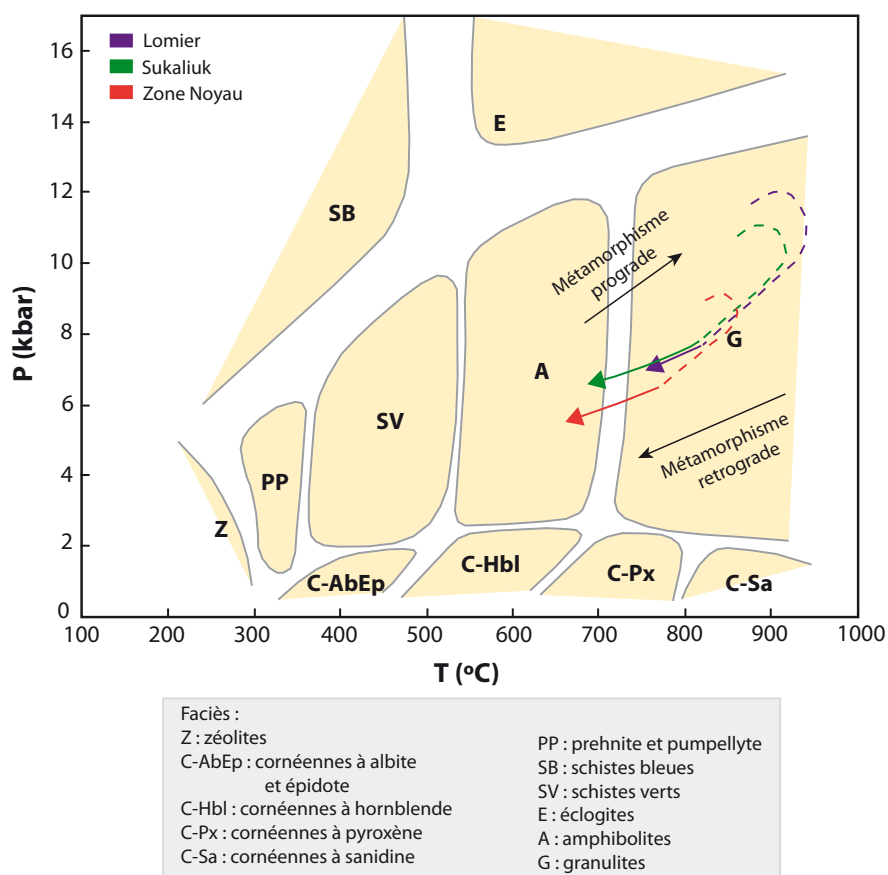
Malgré la difficulté d'établir le parcours P-T des roches de la SMUN dû à l'intense altération des échantillons, Charette (2016) a établi les conditions métamorphiques que les roches des complexes du lac Lomier et de Sukaliuk (Orogène des Torngat) et des métasédiments du GLH (Zone Noyau) ont subi lors de l'événement métamorphique associé à l'évolution de l'Orogène des Torngat (voir figure 2.3 pour la localisation des unités).

L'étude de Charette (2016) conclut que le pic métamorphique augmente de l'ouest vers l'est (figure 8.7). Les roches mafiques présentent un pic métamorphique plus élevé que les métasédiments dû à la minéralogie anhydre et à la capacité moindre de produire du liquide par rapport aux roches métasédimentaires. Ainsi, les roches mafiques du Complexe du lac Lomier présentent un pic métamorphique entre 7,3 kbar et 867°C et 12,4 kbar et 956°C, alors que le pic métamorphique du Complexe de Sukaliuk varie entre 8,7 kbar et 814°C et 10,8 kbar et 914°C. Le pic métamorphique des roches métasédimentaires du Complexe du lac Lomier et de la Zone Noyau varient entre 8,1 kbar et 823°C et 5,4 kbar et 730°C respectivement. La même étude suggère que les roches métasédimentaires de la Zone Noyau peuvent avoir atteint jusqu'à 825-875°C. Ce métamorphisme est de type isofacial, et donc, tous les échantillons étudiés ont un grade métamorphique similaire. De plus, les résultats indiquent un métamorphisme de type Barrovien (pression moyenne et haute température).

Cette étude montre en plus que ces roches ont subi un événement de métamorphisme prograde, duquel peu de minéraux ont été préservés, et un métamorphisme rétrograde, auquel la plupart des minéraux d'origine métamorphique sont associés. Le métamorphisme prograde semble être associé au stade initiale de la collision entre la Zone Noyau et le craton de Nain, entre 1,885 et 1,84 Ga, alors que le pic métamorphique est associé au développement de la phase transpressionnelle de l'Orogène des Torngat, environ 1,845 et 1,82 Ga (Bertrand et al., 1993; Scott, 1998).

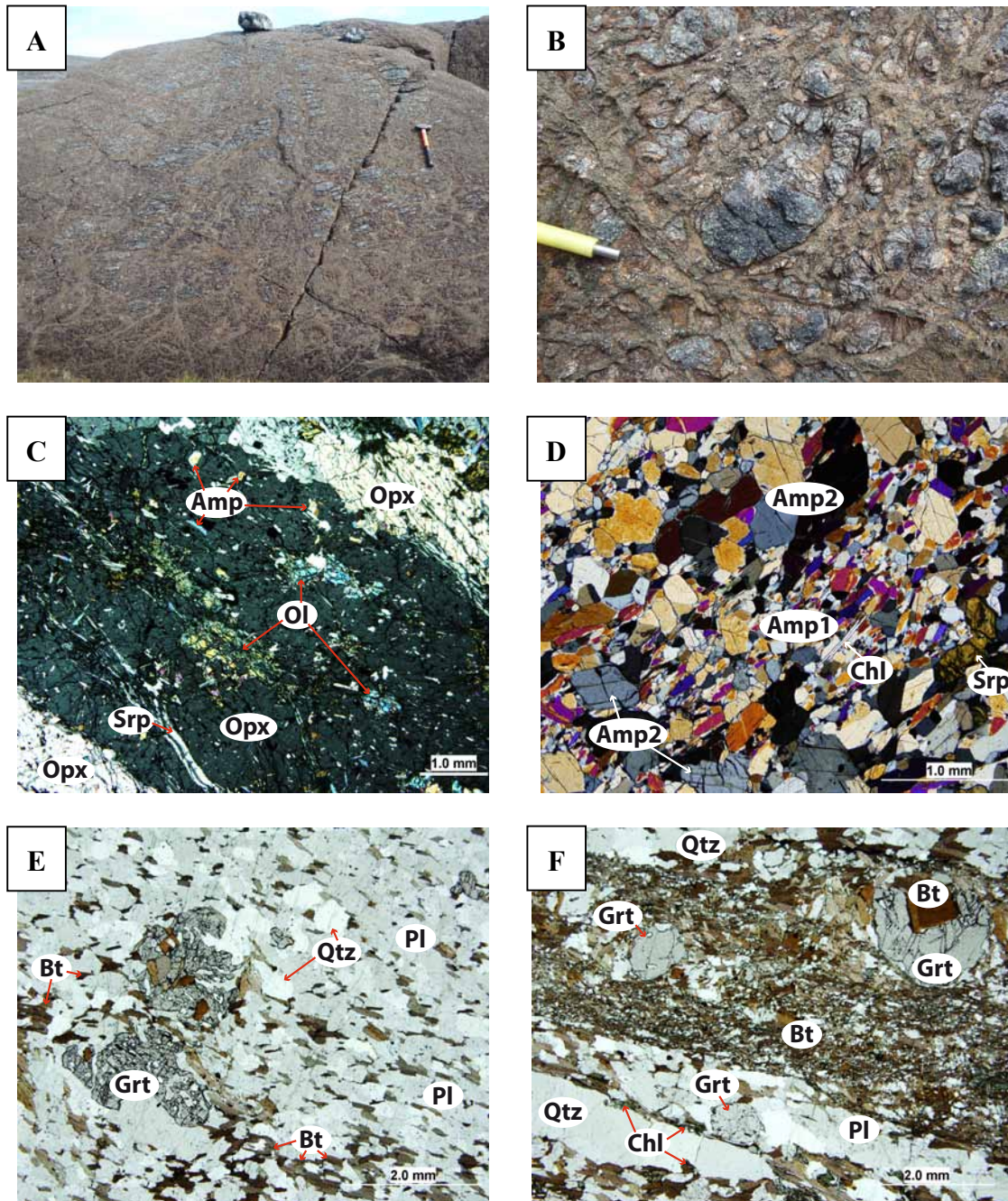
Malgré la surimpression que le métamorphisme rétrograde cause sur le métamorphisme prograde, certaines roches contiennent, de façon isolée, des reliques de ce dernier. Localement, nous observons sur le terrain la présence d'orthopyroxènes de taille exceptionnelle : jusqu'à environ 30 cm (figure 8.8A). Ces orthopyroxènes, qui peuvent aussi avoir une taille inférieure (figure 8.8B), contiennent généralement des inclusions d'amphibole de type trémolite et/ou hornblende (figure 8.8C) qui peuvent

témoigner de la recristallisation de l'orthopyroxène après l'amphibolitisation des ortho- et clinopyroxènes.



**Figure 8.7.** Parcours P-T calculé par Charette (2016) pour les Complexes du lac Lomier et de Sukaliuk (Orogène des Torngat) et le Groupe du Lake Harbour (Zone Noyau).

Dans l'échantillon RPP-108-14 (amphibolite; figure 8.8D) deux familles d'amphibole peuvent être observées : i) une famille qui présente une orientation préférentielle et qui pourrait être associée à l'événement prograde (Amp1), et ii) une deuxième famille qui recoupe les amphiboles orientées qui pourrait être associée à l'événement rétrograde (Amp2). Le métamorphisme prograde est difficile à observer sur les métasédiments des alentours de la SMUN. Par contre, un des échantillons, RPP-20-14, contient des grenats formés à différents stades de déformation : i) des grenat pré- ou syn-tectoniques, étant riches en inclusions de quartz d'orientation aléatoire, de biotite et de plagioclase en moindre quantité, présentant un habitus xénomorphe ainsi qu'une couronne et des queues de pression composées de biotite (figure 8.8E), et ii) des grenats post-tectoniques, généralement sans inclusions et de morphologies subarrondies (figure 8.8F).



**Figure 8.8.** Photos des minéraux générés lors du métamorphisme prograde : (A) Orthopyroxène d'environ 30 cm sur un affleurement de lherzolite (RPP-145-14); (B) Orthopyroxène d'environ 10 cm sur un affleurement de lherzolite (RPP-04-14; sommet d'une séquence qui débute avec de la harzburgite); (C) Couronne d'orthopyroxène autour des reliques d'olivine qui contiennent des inclusions d'amphibole de type hornblende (RPP-01-A-14). Le processus de serpentinisation est postérieur au développement de cette phase minérale; (D) Deux familles d'amphiboles de type hornblende sont observées dans une des amphibolites. Amp1 représente la famille prograde, avec une orientation préférentielle (flèche verte); Amp2 représente la famille rétrograde, surimposée à la famille Amp1 (RPP-108-14); (E) Grenats pré- ou syn-tectoniques, avec des inclusions sans orientation préférentielle de quartz et biotite principalement (RPP-20-14); (F) Grenats post-tectoniques, d'aspect subarrondis et généralement sans inclusion (RPP-20-14).

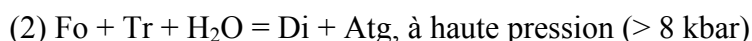
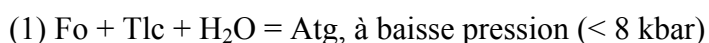
## 8.6. Possible trajectoire P-T des roches de la SMUN

Lors de la combinaison de l'étude de Charette (2016) et des observations pétrographiques en lame mince des roches de la SMUN, une possible trajectoire P-T a été proposée. Cette trajectoire est basée sur le parcours des roches des Complexes du lac Lomier et de Sukaliuk et sur le GLH (figure 8.7) et ainsi que sur les réactions du système CSMH des roches ultramafiques (figure 8.1).

Nous considérons que le système CSMH est le plus approximatif de la composition des roches de la SMUN, avec le système MASH, qui incorpore les Al-spinelles ou hercynites.

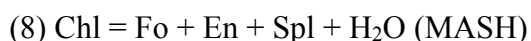
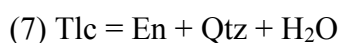
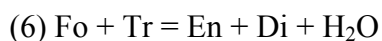
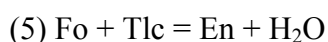
En considérant le système CSMH, l'absence d'anthophyllite dans la plupart des roches de la SMUN peut indiquer que la pression subie par ces roches est supérieure à 12 kbar ou que la réaction métamorphique l'a complètement consommée. Par contre, l'activité de l'eau et les solutions solides jouent un rôle très important dans les courbes de réaction et dans les champs de stabilité des minéraux (Philpotts et Ague, 2008), comme dans le cas de l'anthophyllite. Son champ de stabilité varie largement avec le contenu en eau du système (e.g. stabilité de l'anthophyllite jusqu'à 6,5 kbar dans le système MSH). Donc, il est nécessaire de raffiner leur parcours P-T avec l'information complémentaire des systèmes MASH et MSH.

La serpentinisation des roches ultramafiques peut aussi aider à estimer si les roches ont été serpentinisées à basse ou haute pression:



L'absence de diopside et la présence d'amphiboles de type trémolite-hornblende dans les roches de la SMUN pourraient suggérer que le premier processus de serpentinisation des roches a eu lieu à basse pression (< 8 kbar; réaction 1).

La présence des orthopyroxènes progrades, avec des inclusions d'amphibole et la serpentinisation postérieure au processus de recristallisation des orthopyroxènes, suggère que ce processus a eu lieu à des températures supérieures à 570°C et inférieures à 920°C. Différentes réactions peuvent donner lieu aux orthopyroxènes métamorphiques:





Le talc est un minéral trace observé très rarement en lame mince (RPP-41-14, RPP-68-14, IL-3139-A-13), il est généralement associé à l'antigorite et à la chlorite. Ce faible contenu en talc semble indiquer que les orthopyroxènes ne se sont pas développés à partir des réactions qui impliquent un haut contenu en talc, tels que la réaction (7) et probablement la réaction (5) ou que la réaction métamorphique a complètement consommé cette phase. Il semble plus facile de développer des orthopyroxènes à partir de l'olivine, un des minéraux les plus communs dans ces roches, par la réaction (6). Cette réaction pourrait être mise en évidence par les amphiboles progrades observées sur l'échantillon RPP-108-14 ainsi que par les couronnes d'orthopyroxène développées autour des olivines (RPP-01-A-14, figure 8.8C; RPP-145-14). L'important contenu en trémolite et hornblende sous la forme d'inclusions dans les orthopyroxènes semble indiquer qu'une amphibolitisation des pyroxènes survient avant la recristallisation des orthopyroxènes.

La transformation partielle ou totale des chromites en hercynites est généralement associée à un métamorphisme de haut grade, faciès des amphibolites supérieure ou des granulites (Spear, 1993). Cette transformation n'a pas été étudiée en détail, et une seule réaction dans le système MASH (8) a été proposée. Puisqu'il n'est pas certain que celle-ci soit la réaction à l'origine des Al-spinelles, nous nous référons à Spear (1993), qui propose un métamorphisme aux faciès des amphibolites supérieure ou des granulites de façon générale.

Le métamorphisme de bas grade des roches de la SMUN est largement observé en lame mince, par le développement de l'antigorite. En plus, les roches mafiques qui composent l'assemblage de la SMUN ont enregistré ces conditions lors de la transformation du grenat en épidote (voir section 8.3. *Les roches mafiques de la SMUN*). Cette réaction semble se développer à environ 4,5 kbar et 550°C.

Antérieurement, nous avons considéré ce métamorphisme de type isofacial, puisque les différentes unités étudiées par Charette (2016) ont un parcours P-T très similaire. Ces variations sont reliées à l'utilisation de roches mafiques ou sédimentaires comme géothermobaromètres. Ceci peut suggérer que la SMUN a subi un parcours P-T similaire aux roches des alentours. Les observations pétrographiques des roches ultramafiques et mafiques de la SMUN suggèrent que ces roches semblent avoir subi des conditions aux faciès des granulites et avoir été rétrogradées aux faciès des amphibolites inférieures et des schistes verts.

Malgré ces données, il est nécessaire de réaliser une étude plus détaillée du métamorphisme subi par les roches de la SMUN afin de connaître leur trajectoire P-T. Cette étude peut être réalisée à l'aide des logiciels tels que THERMOCALC (Powell et Holland, 1988; Holland et Powell, 1998) ou Perple\_X (i.e. Connolly, 1990).



## CHAPITRE 9 : DISCUSSION, LA NATURE DES ROCHES

### 9.1. Classification selon la problématique du projet

La première approche pour identifier la nature des roches de la SMUN est basée sur les observations de terrain et les caractéristiques des principaux assemblages de roches mafiques-ultramafiques (tableau 1), qui constituent la problématique de ce projet de maîtrise.

Basée sur cette classification (tableau 1), certains des assemblages peuvent être écartés tels que les assemblages de roches mafiques-ultramafiques effusives (komatiite, basalte komatiitique et basalte de plateau continental associé aux “*large igneous provinces*”) puisque les affleurements de la SMUN présentent typiquement des faciès plutoniques. Quant aux assemblages intrusives ou plutoniques, la présence d’orthopyroxène et l’absence de troctolites et anorthosites nous permettons aussi d’éliminer les complexes Ouraliens-Alaskéens et les complexes troctolitiques-anorthositiques respectivement. Finalement, les associations plutoniques (mafiques-ultramafiques) et volcaniques qui peuvent être à l’origine des roches de la SMUN sont les intrusions litées et les complexes ophiolitiques.

Afin de classer la nature des roches de la SMUN selon les caractéristiques des assemblages des roches mafiques-ultramafiques plutoniques, la géochimie sur roche totale et la chimie minérale sont nécessaires.

### 9.2. Chimie minérale et nomenclature des roches

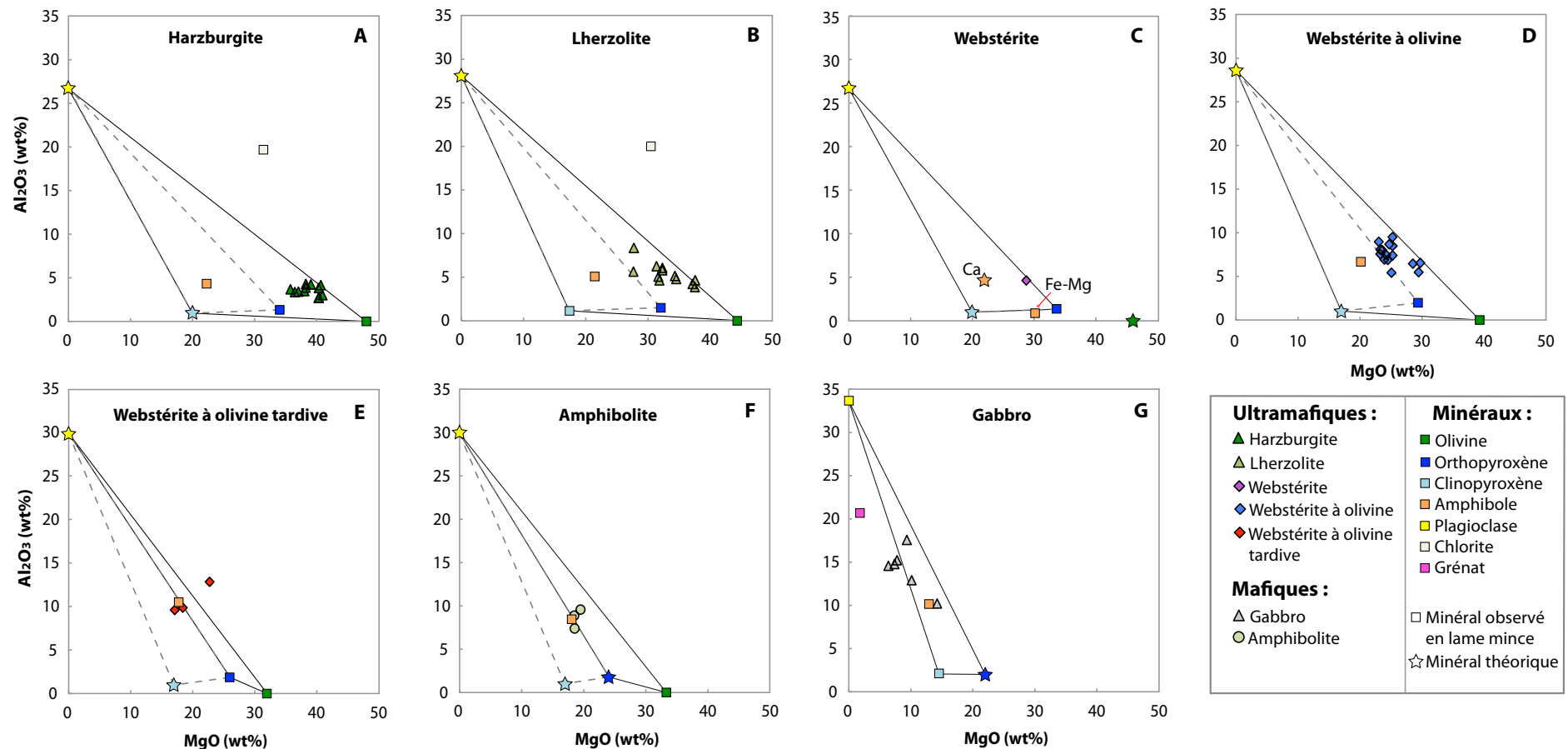
La chimie minérale des phases primaires et secondaires des roches de la SMUN ne présentent pas de grandes variations chimiques entre le cœur et la bordure. Cette caractéristique suggère un rééquilibrage entre le cœur et la bordure des grains. La seule phase qui présente des variations remarquables sont les spinelles des roches ultramafiques de la SMUN et les grenats des métasédiments du GLH.

La chimie minérale des phases primaires présentes dans les roches de la SMUN permet de caractériser la proportion modale approximative des phases qui composent les roches et d’identifier leur protolithe. Parfois, l’altération et le métamorphisme peuvent transformer et/ou modifier les minéraux primaires des roches, mais leur produits peuvent être observés. Ainsi, la chimie minérale des phases secondaires (i.e. les amphiboles) peut aider à l’identification des minéraux à l’origine de ces phases. Des éléments relativement immobiles, et majoritaires dans la roche, sont nécessaires afin de

déterminer ces caractéristiques, tels que le Mg et l'Al. Des diagrammes binaires MgO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (figure 9.1) ont été effectués afin d'identifier les différentes phases qui contrôlent la chimie des roches de la SMUN.

Dans la figure 9.1, le contenu en MgO vs Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> des différentes lithologies ainsi que le contenu moyen des phases minérales présentes et analysées à la microsonde électronique sont représentés. Les phases primaires absentes sont aussi représentées, mais leur contenu moyen est calculé de façon théorique et approximatif selon la composition moyenne des phases primaires (figure 9.1) qui sont présentes très localement dans d'autres lithologies de la SMUN. La proportion modale des phases qui constituent les amphiboles a été calculée à partir de la règle de proportionnalité du triangle en ligne pointillée. Ainsi, les nomenclatures adéquates pour les roches de la SMUN sont les suivantes :

- (A) Les harzburgites (figure 9.1A) : ces roches sont constituées d'olivine et d'orthopyroxène comme phases primaires. L'enrichissement en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pourrait être relié à la présence de plagioclase dans le protolithe. Les amphiboles observées en lame mince ont été formées lors de l'altération des clinopyroxènes ( $\approx 54\%$ , calcul approximatif à partir d'une règle de proportionnalité dans la figure 9.1), des orthopyroxènes ( $\approx 33\%$ ) et des plagioclases ( $\approx 13\%$ ). La chlorite, une phase mineure, semble être générée lors de l'altération des orthopyroxènes et des plagioclases. La nomenclature adéquate pour ces roches est **harzburgites à spinelle (plagioclase et clinopyroxène)**.
- (B) Les lherzolites (figure 9.1B) : ces roches sont constituées d'olivine, d'orthopyroxène et de clinopyroxène comme phases primaires. L'enrichissement en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> est plus important que dans les harzburgites et pourrait aussi être relié à la présence de plagioclase, pourtant absent de ces roches. Les amphiboles formées en lame mince se sont formées lors de l'altération des orthopyroxènes ( $\approx 45\%$ ), des clinopyroxènes ( $\approx 41\%$ ) et des plagioclases ( $\approx 14\%$ ). La chlorite est aussi présente et semble être générée lors de l'altération des orthopyroxènes et des plagioclases. La nomenclature adéquate pour ces roches est **lherzolites à spinelle et plagioclase**.



**Figure 9.1.** Diagrammes binaires  $\text{MgO}$  vs  $\text{Al}_2\text{O}_3$  illustrant la composition chimique des minéraux observés en lame mince et la composition théorique approximative des minéraux absents pour les différentes roches de la SMUN. La distribution à l'intérieur des triangles permet de calculer les proportions minérales des phases présentes. (A) Harzburgites, (B) Lherzolites, (C) Webstérite, (D) Webstérites à olivine, (E) Webstérites à olivine tardives, (F) Amphibolites, et (G) Gabbros. La ligne continue représente les phases principales qui composent les différentes lithologies, tandis que la ligne pointillée représente les phases primaires qui sont possiblement à l'origine des amphiboles.

- (C) La webstérite (figure 9.1C) : cette roche est constituée d'orthopyroxène comme phase primaire. Deux familles d'amphiboles sont observés en lame mince : i) les amphiboles orthorhombiques, qui ont été formées lors de l'altération des orthopyroxènes ( $\approx 71\%$ ) et des clinopyroxènes ( $\approx 29\%$ ), et ii) les amphiboles monocliniques, qui sont le résultat de l'altération des clinopyroxènes ( $\approx 71\%$ ), des orthopyroxènes ( $\approx 22\%$ ) et des plagioclases ( $\approx 7\%$ ; calcul théorique, pas d'analyses). Le seul échantillon analysé est localisé sur la ligne qui rejoint l'orthopyroxène observé et la plagioclase théorique, ce qui pourrait suggérer que le protolithe de cette roche est en réalité une norite à clinopyroxène. Par contre, la géochimie de roche totale et la chimie minérale (chapitre 5 et 6 respectivement) montrent des caractéristiques assez primitives lors de la cristallisation fractionnée. Selon ces critères, la nomenclature adéquat pour cette roche est **webstérite à plagioclase**.
- (D) Les webstérites à olivine (figure 9.1D) : ces roches sont constituées d'orthopyroxène et d'olivine comme phases primaires. L'enrichissement en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  est plus important que dans les harzburgites et les lherzolites, et aussi possiblement relié à la présence de plagioclase, pourtant absent. Les amphiboles observées en lame mince ont été formées lors de l'altération des orthopyroxènes ( $\approx 51\%$ ), des clinopyroxènes ( $\approx 30\%$ ) et des plagioclases ( $\approx 19\%$ ). La nomenclature adéquate pour ces roches est **webstérites à olivine, plagioclase et spinelle**.
- (E) Les webstérites à olivine tardives (figure 9.1E) : ces roches sont constituées, de façon similaire aux webstérites à olivine, d'orthopyroxène et d'olivine comme phases primaires. L'enrichissement en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  est aussi possiblement relié à la présence de plagioclase, maintenant absent. Les amphiboles observées en lame mince semblent provenir de l'altération des orthopyroxènes ( $\approx 69\%$ ) et des plagioclases ( $\approx 31\%$ ). Deux nomenclatures peuvent être attribuées à ces roches : i) **norites à olivine (et spinelle)**, et ii) **troctolites à orthopyroxène (et spinelle)**.
- (F) Les amphibolites (figure 9.1F) : ces roches sont constituées d'olivine comme la seule phase primaire. L'enrichissement en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  est possiblement aussi relié à la présence de plagioclase, maintenant pourtant absent. Les amphiboles observés en lame mince semblent provenir de l'altération des orthopyroxènes ( $\approx$

76%) et des plagioclases ( $\approx 24\%$ ). Deux nomenclatures peuvent également être attribuées à ces roches : i) **norites à olivine**, et ii) **troctolites à orthopyroxène**.

(G) Les roches mafiques gabbroïques (figure 9.1G) : ces roches sont constituées de clinopyroxène et de plagioclase comme phases primaires. Les amphiboles observées en lame mince semblent provenir de l'altération des clinopyroxènes ( $\approx 45\%$ ), des orthopyroxènes ( $\approx 30\%$ ) et des plagioclases ( $\approx 25\%$ ). Deux nomenclatures peuvent être attribuées à ces roches : i) **gabbros** (RPP-63-A-14, RPP-100-14, RPP-111-14), et ii) **norites** (RPP-21-14, RPP-50-14, RPP-62-A-14).

La présence de spinelle et possiblement de plagioclase dans les roches ultramafiques péridotitiques indique que le processus de cristallisation est relativement profond, où l'assemblage minéral Ol-Opx-Pl-Sp est stable (Shervais et al., 1983; Warren et al., 1983) ou que le plagioclase est le résultat d'une imprégnation par du basalte comme dans les péridotites des Alpes Franco-italiennes (ophiolites de Lanzo, Ligurian, Chenaillet, Finero).

Dans le premier cas, le haut contenu en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  des harzburgites à spinelle (plagioclase et clinopyroxène) de la SMUN (2,7-4,3 wt%) pourrait suggérer une origine profonde pour ces roches. Les péridotites du complexe ophiolitique de Lizard (Angleterre) montrent également des contenus élevés en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (2,1-2,4 wt% pour les lherzolites à spinelle et 2,2-2,9 wt% pour les lherzolites à plagioclase; Cook, 1999) et un parcours de décompression et refroidissement dès 15 kbar de pression et 1250-1300 °C de température jusqu'à  $< 8$  kbar de pression et  $< 900^\circ\text{C}$  de température (Cook et al., 2000; Nutman et al., 2001). Ces conditions de pression et de température du processus d'exhumation sont similaires au parcours P-T proposé pour les roches de la SMUN (*Section 8.6. Possible trajectoire P-T des roches de la SMUN*), à partir d'environ 11 kbar de pression et  $< 900^\circ\text{C}$  de température jusqu'à 6 kbar de pression et  $< 500^\circ\text{C}$  de température.

Dans le deuxième cas, le manteau des ophiolites des Alpes a été modifié lors du passage des magmas pendant l'ouverture des bassins océaniques. Ces magmas, produits par l'asthénosphère, interagissent et réagissent avec les péridotites et imprègnent le manteau lithosphérique (Müntener et al., 2005). La possible présence de troctolites à orthopyroxène (et spinelle) dans la SMUN pourrait suggérer le passage de magmas basaltiques à travers de ces roches. Mais les protolithes de ces roches pourraient aussi être des norites à olivine (et spinelle). Selon Lesnov (2010), les troctolites et les norites

ne sont pas de roches communes dans les complexes ophiolitiques, mais des exemples ont été cartographiés dans les complexes ophiolitiques des Kokpektinsky (Ourals, Russie), Samail (Oman) et Pindos (Grèce). Selon le même auteur, les profils des REE des troctolites se caractérisent par une pente négative, tandis que les norites se caractérisent par une pente positive. Les profils des REE des amphibolites (figure 5.3) sont caractérisés par une pente négative, ce qui pourrait suggérer la présence de troctolites dans la SMUN.

Il faut rappeler qu'il s'agit d'un calcul approximatif et que dans certains cas il n'a pas été possible d'établir la nature du protolithe. Pour ces raisons, la nomenclature basée sur les observations des lames minces continue à être utilisée pour le reste du chapitre.

### **9.3. Contexte géologique – affinité magmatique**

La combinaison des travaux de cartographie, l'étude des lames minces et la géochimie sur roche totale et des minéraux a permis de classer les roches de la SMUN en quatre groupes lithologiques: i) des péridotites; ii) des pyroxénites; iii) des amphibolites et iv) des roches mafiques.

Dans la section 3.2. *Problématique générale*, il a été suggéré que les roches de la SMUN pourraient représenter une séquence ophiolitique. Dans une séquence ophiolitique idéalisée, il est possible d'observer des roches mantelliques et des roches cumulatives crustales. Le diagramme ternaire de la figure 3.2 (Coleman, 1977) permet de classer de manière plus précise les roches de la SMUN d'après leur contenu en  $MgO - Al_2O_3 - CaO$ . Cette approche a permis d'apporter des précisions sur la nature des péridotites de la SMUN et suggère la présence de roches mantelliques, mais dans ce diagramme les roches sont légèrement déplacées vers le pôle  $Al_2O_3$ , et donc on ne peut exclure qu'il s'agisse de cumuls précoces, riches en olivine avec du plagioclase intercumulus, de la portion crustale. Les péridotites de la SMUN peuvent être subdivisées d'après leur nature et d'après leur signature géochimique : les harzburgites appauvries en REE légères, les harzburgites enrichies en REE légères et les lherzolites. Malheureusement, cette subdivision ne permet pas de différencier les roches mantelliques et crustale non plus, si bien que les lherzolites semblent être des faciès cumulatifs selon la figure 3.2. Dans ce même groupe, des pyroxénites et des gabbro-norites constituent aussi des cumuls de la croûte. Finalement, un groupe



lithologique formé d'amphibolite pourrait très bien inclure des roches pouvant être interprétées comme des faciès volcaniques tardifs qui recoupent les pyroxénites de la séquence ophiolitique. Par contre, il ne peut pas être exclu que certaines de ces amphibolites soient en réalité des gabbronorites plus fortement affectées par le métamorphisme régional.

Les harzburgites montrent des contenus élevés en MgO (> 35 % poids). Les autres faciès montrent une diminution progressive du contenu en MgO accompagnée d'une augmentation progressive du contenu en Al, Ca, Ti, Na et d'une diminution du contenu en Cr et en Ni à partir des péridotites, des pyroxénites jusqu'aux roches mafiques (figure 5.1). Ces variations de compositions et de faciès sont interprétées comme le résultat d'un processus de cristallisation fractionnée. De plus, la figure 5.2 (Zr vs TiO<sub>2</sub>) nous indique que toutes ces roches appartiennent à une seule et même série magmatique.

### 9.3.1. Les olivines sont-elles en équilibre avec le liquide primaire ?

Les olivines dérivées du manteau présentent une plage de composition entre Fo88-Fo92. Ces olivines doivent être en équilibre avec un liquide de composition primaire, où le Mg# (MgOx100/MgO+FeO) varie entre 66 et 72.

Une façon de calculer si les olivines (Ol) sont en équilibre avec le liquide primaire (Liq) se fait à partir de la constante d'équilibre  $K_D$  expérimentale développée par Roeder et Emslie (1970) :

$$\frac{(\text{FeO} / \text{MgO})^{\text{Ol}}}{(\text{FeO} / \text{MgO})^{\text{Liq}}} \approx 0,3 (K_D^{\text{Ol}}) \quad (\text{Éq. 9.1})$$

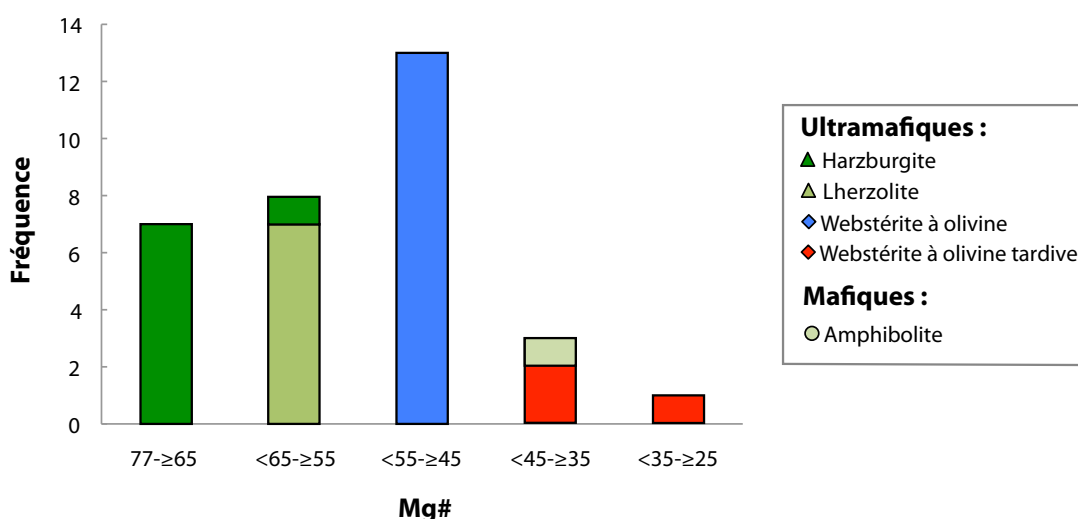
À partir des analyses sur la chimie minérale des olivines nous pouvons connaître la valeur du numérateur de l'équation 9.1. De cette manière :

$$\left( \frac{\text{FeO}}{\text{MgO}} \right)^{\text{Liq}} = \frac{(\text{FeO} / \text{MgO})^{\text{Ol}}}{0,3} \quad (\text{Éq. 9.2})$$

De façon similaire, nous connaissons le contenu en Fo des olivines en considérant une valeur x de Fo, c'est-à-dire, Fo<sub>x</sub> = (100 – y). En substituant dans l'équation 9.2, (FeO / MgO)<sup>Ol</sup> = y/x comme résultat, nous obtiendrions la valeur de (FeO / MgO)<sup>Liq</sup>. Donc, le Mg# du liquide en équilibre avec le olivine Fo<sub>x</sub> est :

$$\text{Mg\#}^{\text{Liq}} = \frac{1 \times 100}{(1/ (y/x))} \quad (\text{Éq. 9.3})$$

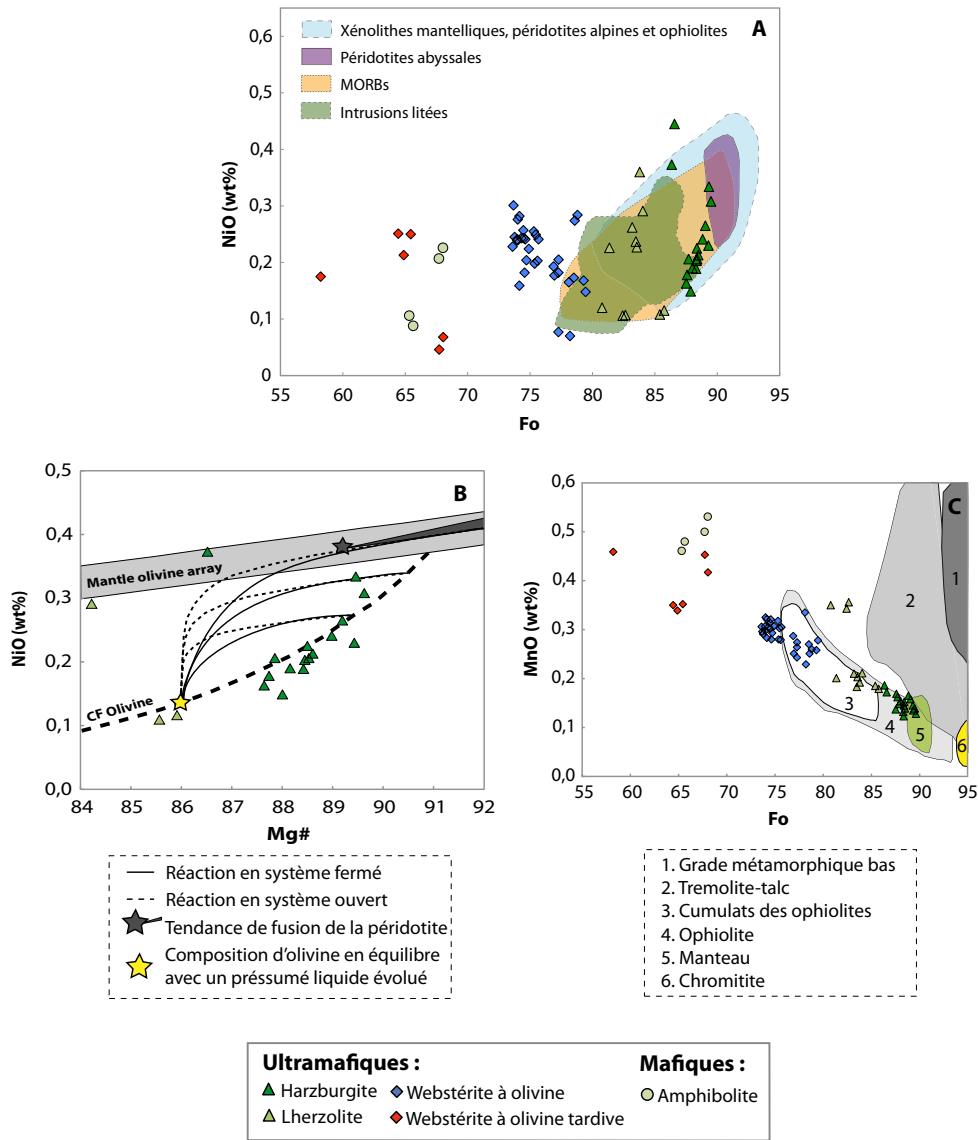
Les valeurs obtenues suggèrent que certaines roches auraient été en équilibre avec le liquide primaire (figure 9.2). En particulier, les roches en équilibre avec le liquide primaire correspondent à des harzburgites (à exception de la harzburgite RPP-147-14). Ces roches, qui géographiquement sont localisées dans le même secteur (annexe 4), correspondent aux roches enrichies en MgO de la figure 3.2 et pourraient confirmer la présence de roches mantelliques dans la SMUN.



**Figure 9.2.** Histogramme de fréquences qui présente différents intervalles du Mg# du liquide en équilibre avec les olivines des différentes lithologies de la SMUN.

En plus de ces valeurs obtenues, certains éléments traces dans l'olivine, tels que le NiO et le MnO, peuvent être utilisés pour déterminer le contexte de formation des roches de la SMUN. Le contenu en NiO des olivines des harzburgites de la SMUN montrent une composition similaire aux olivines provenant des xénolites mantelliques, des péridotites alpines et des ophiolites (figure 9.3A). Les olivines des lherzolites et certaines webstérites à olivine présentent une composition similaire aux olivines des harzburgites de la SMUN, mais aussi aux olivines des intrusions litées (figure 9.3A). La plupart des webstérites à olivine ainsi que les webstérites à olivine tardives et les amphibolites se retrouvent à l'extérieur des champs compositionnels. Ainsi, le contenu en NiO des olivines des harzburgites suggère une tendance de cristallisation fractionnée, avec une diminution progressive des contenus en NiO et en Fo lors du processus (figure 9.3B) plutôt que des olivines mantelliques. Seulement un échantillon (RPP-147-14) se situe dans le champ compositionnel des olivines mantelliques de Takahashi (1986), mais les olivines de cet échantillon ne sont pas en équilibre avec le liquide primaire selon la figure 9.2. Le contenu élevé en NiO dans cette roche pourrait être relié à une

origine cumulative. Autrement, le contenu en MnO les olivines indiquent des compositions similaires à une séquence ophiolitique selon le diagramme de Vance et Dungan (1977; figure 9.3C). Les olivines de la SMUN sont situées majoritairement dans le champ des olivines ophiolitiques, où certaines harzburgites se retrouvent à l'intérieur du champ du manteau. D'autres échantillons se retrouvent déplacés vers le champ trémolite-talc (relié aux métamorphisme aux faciès des amphibolites selon ces auteurs) tandis que certaines roches ne semblent pas suivre cette tendance ophiolitique (webstérites à olivine tardives et amphibolites).



**Figure 9.3.** Diagrammes binaires des contenus en NiO vs Fo (A), NiO vs Mg# (B) et Fo vs MnO (C) des olivines pour les roches de la SMUN. (A) Diagramme binaire du contenu en Fo vs NiO des olivines des différentes roches de la SMUN. Champs compositionnels des xénolithes mantelliques, des péridotites alpines et des ophiolites (en bleu), des péridotites abyssales (en violet), des MORBs (en orange; données de Sobolev et al., 2005 et références à l'intérieur) et des intrusions litées (en vert; données de Maier et al., 2015 et références à l'intérieur, percentile 80). (B) Le contenu en NiO des olivines des harzburgites suggère une tendance de cristallisation

fractionnée. Champ compositionnel des olivines mantelliques et tendance de cristallisation fractionnée de l'olivine de Takahashi (1986). (C) Les olivines de la SMUN se retrouvent majoritairement situées dans la tendance ophiolitique, avec certains échantillons déplacés vers le champ trémolite-talc (faciès des amphibolites) et d'autres qui ne suivent pas la tendance (webstérites à olivine tardives et amphibolites). D'autres champs compositionnels sont montrés pour comparer les données (Vance et Dungan, 1977).

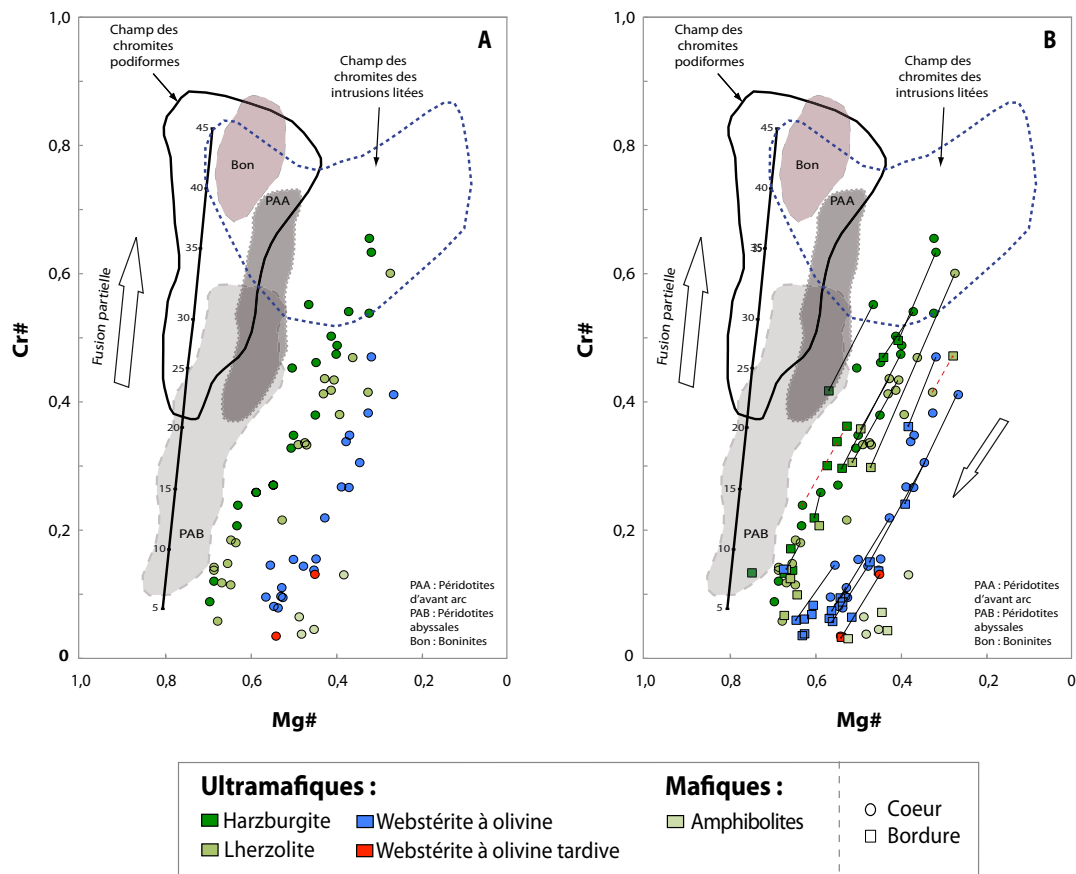
### **9.3.2. Le contexte géotectonique selon la composition des spinelles chromifères**

Les chromites sont des indicateurs pétrogénétiques (Irvine, 1965) puisqu'elles constituent des phases précoces lors de la cristallisation des magmas ultramafiques à mafiques. Aussi, elles constituent une phase résiduelle commune dans les péridotites mantelliques qui ont expérimentées la fusion partielle. De plus, ces sont des phases capables de préserver des signatures magmatiques lors de l'altération hydrothermale et la météorisation des roches (Evans et al., 2013). Malgré ces caractéristiques, la composition chimique des chromites est très sensible dans des conditions magmatiques, le métasomatisme et l'imprégnation qui pourraient donc modifier leur composition (Pagé et al., 2008; Dick et al., 2010). De plus, la composition chimique est très sensible au métamorphisme de grades intermédiaires à élevés (Barnes, 2000) et rappelons que les roches de la SMUN ont subi un métamorphisme atteignant le grade des granulites. Le métamorphisme pourrait donc avoir provoqué des modifications importantes de la composition originale des chromites.

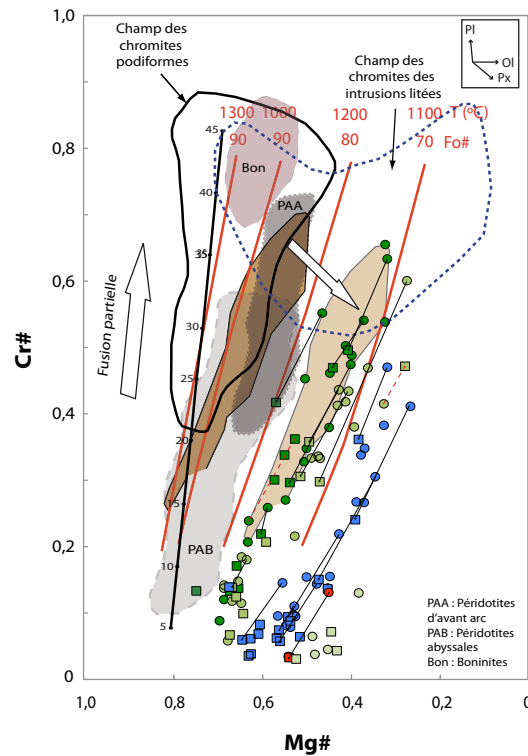
La figure 9.4 montre les diagrammes binaires de Cr# ( $100 \times \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al})$ ) vs Mg# ( $100 \times \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ ) des spinelles de type chromite et de type hercynite, qui se présentent sous la forme des grains individuels dans les roches de la SMUN. Dans la figure 9.4A, seuls les cœurs des spinelles sont représentés. Dans la figure 9.4B les cœurs et les bordures des grains sont représentés, et reliés entre eux. Les bordures montrent un enrichissement en Al et Mg et un appauvrissement en Ti par rapport aux cœurs des grains ( $\text{TiO}_2 = 0,3 \text{ wt\%}$  au cœur et  $0,15 \text{ wt\%}$  à la bordure, en moyenne dans les chromites, et  $0,15 \text{ wt\%}$  au cœur et  $0,075 \text{ wt\%}$  à la bordure, en moyenne dans les hercynites). L'enrichissement en Al et en Mg pourrait être le résultat du métasomatisme des péridotites mantelliques de la SMUN. Par contre, si tel était le cas, les bordures auraient aussi tendance à montrer un enrichissement en Ti ce qui n'est pas observé. On peut aussi proposer que la recristallisation et la rééquilibration de minéraux de haute pression à une pression plus faible, comme les orthopyroxènes par exemple, pourraient libérer de l'Al et du Mg pouvant expliquer l'enrichissement des bordures des spinelles en ces éléments.

La figure 9.5 montre la composition actuelle des cœurs des spinelles chromifères des harzburgites (champ de couleur clair) et la composition des cœurs avant leur rééquilibration subsolidus avec l'olivine (champ de couleur foncé). Selon le géothermomètre de Roeder (1994), les chromites devaient être en équilibre avec des olivines de composition Fo<sub>92-85</sub>. La composition des olivines des péridotites de type harzburgite de la SMUN est de Fo<sub>89,7-86,5</sub>. Par contre, les cœurs ont peut-être aussi été affectés par un enrichissement en Al et Mg lors du métamorphisme au grade granulitique.

Avant la rééquilibration subsolidus avec l'olivine, les chromites de la SMUN présentaient une composition similaire à celle des péridotites d'avant-arc principalement et des péridotites abyssales. La composition chimique des spinelles est très sensible au métamorphisme de haut grade (Barnes, 2000). Celle-ci est la raison pour laquelle les spinelles de la figure 9.5 montrent une forte dispersion par rapport au contenu en Cr# ( $100 \times \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al})$ ). Les spinelles chromifères ont subi une transformation compositionnelle lors du métamorphisme, avec un enrichissement en aluminium qui affecte principalement les bordures des grains, mais qui peut aussi avoir modifié la composition du cœur.



**Figure 9.4.** Diagrammes binaires Cr# vs Mg# des spinelles de type chromite ( $\text{Cr\#} > 0,2$ ) et de type hercynite ( $\text{Cr\#} < 0,2$ ), les cercles représentent des moyennes par échantillon. En (A) pour les cœurs des grains et en (B) pour les cœurs et les bordures. Les bordures des grains montrent un enrichissement en Al et Mg par rapport aux cœurs. Champs des chromites des chromitites podiformes, des péridotites avant-arc (PAA) et des péridotites abyssales (PAB) de Pagé et al. (2008). Champs des chromites des intrusions litées et des boninites de Barnes et Roeder (2001), calculés à partir des données de percentile 90. L'échelle et les pourcentages de fusion sont tirés de Pagé et al. (2008).



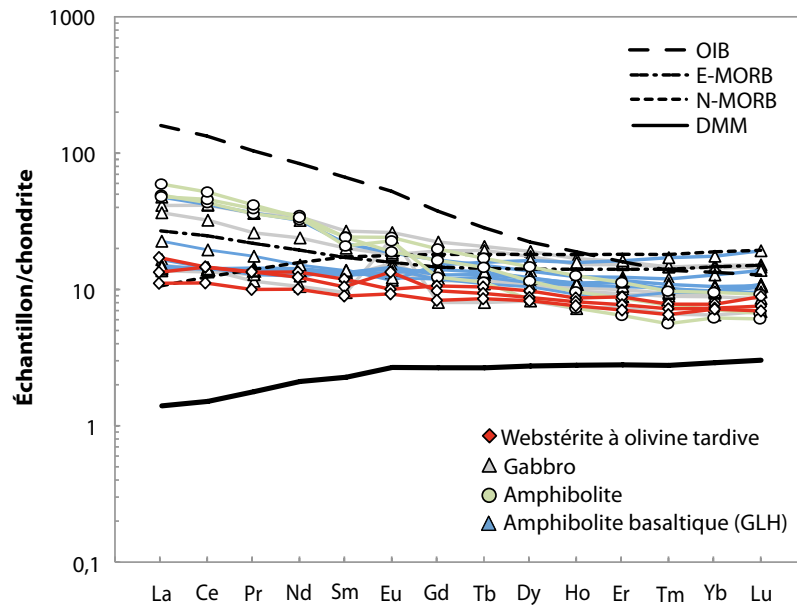
**Figure 9.5.** Diagramme binaire Cr# vs Mg# des spinelles en équilibre avec de l'olivine. Cette figure montre la composition actuelle des spinelles des harzburgites (champ de couleur brun clair) et la composition des spinelles avant leur rééquilibration subsolidus avec l'olivine (champ de couleur brun foncé). PAA = péridotites abyssales. PAB = péridotites d'avant-arc. Bon = boninites.

L'interprétation des harzburgites comme des péridotites d'avant-arc ou des péridotites abyssales doit, par conséquent, s'établir à partir de données supplémentaires (e.g. diagramme ternaire de la figure 3.2 ou calcul des olivines en équilibre avec le liquide primaire de la figure 9.2).

### 9.3.3. Le contexte géotectonique selon les REE et les éléments traces

Les profils de REE normalisés à la chondrite des webstérites à olivine tardives, des gabbros et des amphibolites de la SMUN et des amphibolites basaltiques du GLH sont présentés dans la figure 9.6. Ces roches montrent des profils similaires entre elles, ce qui pourrait suggérer une origine commune pour ces roches et que les amphibolites basaltiques pourraient appartenir à la SMUN plutôt qu'au GLH. Les profils des REE de ces roches montrent également de similitudes avec les "E-MORB" et les "OIB" (profils enrichis en LREE et plats pour les HREE), mais avec des valeurs généralement appauvries par rapport aux valeurs de référence.

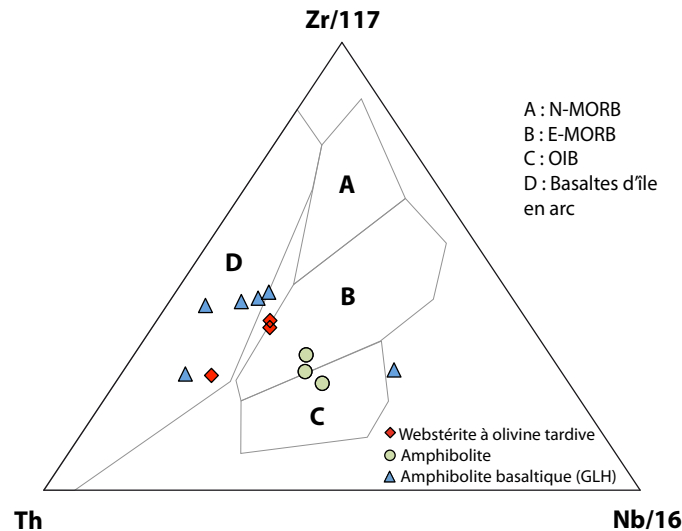




**Figure 9.6.** Profils des terres rares normalisés à la chondrite des webstérites à olivine tardives, des amphibolites et des gabbros de la SMUN et des amphibolites basaltiques du GLH. DMM = *Depleted MORB Mantle* (Workman et Hart, 2005). Valeurs de N-MORB, E-MORB et OIB et valeurs de normalisation de Sun et McDonough (1989).

Le contexte géotectonique des amphibolites basaltiques a été déterminé lors de la projection des données dans des diagrammes de classification de contexte géotectonique pour ces roches. En plus, des données supplémentaires provenant des amphibolites basaltiques disponibles sur SIGÉOM ont été ajoutées afin de déterminer le contexte géologique en utilisant le plus grand nombre d'échantillons possible. Les webstérites à olivine tardives et les amphibolites ont été ajoutées à ce diagramme puisqu'elles pourraient s'agir de troctolites à orthopyroxène (et spinelle) ou de norites à olivine (et spinelle).

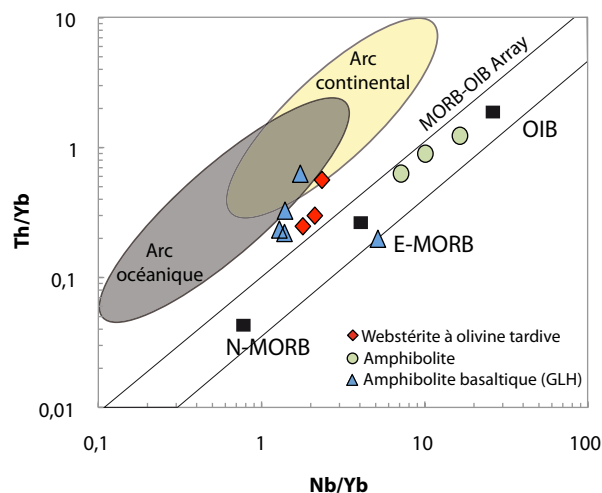
Dans un diagramme ternaire Zr/117 – Nb/16 – Th (Wood, 1980; figure 9.7), les amphibolites basaltiques sont majoritairement situées dans le champ des “basaltes d'île en arc”, à l'exception d'un échantillon (échantillon RPP-26-14) qui est situé à proximité des champs des “OIB” et des “E-MORB”. Dans le cas des webstérites à olivine tardives, un échantillon (RPP-124-A-14) montre une localisation similaire aux amphibolites basaltiques, tandis que les autres se situent dans le champ des “E-MORB”. De façon similaire, les amphibolites se situent dans ce champ, en transition vers le champ des “OIB”.



**Figure 9.7.** Diagramme d’environnement géotectonique Zr/117 – Th – Nb/16 de Wood (1980). Les amphibolites basaltiques sont situées à l’intérieur du champ des “basaltes d’île en arc” principalement. Les webstérites à olivine se situent à l’intérieur des champs des “basaltes d’île en arc” et des “E-MORB”. Les amphibolites montrent une localisation transitionnelle entre les “E-MORB” et les “OIB”. Un des échantillons est situé hors des champs définis (RPP-26-14).

?

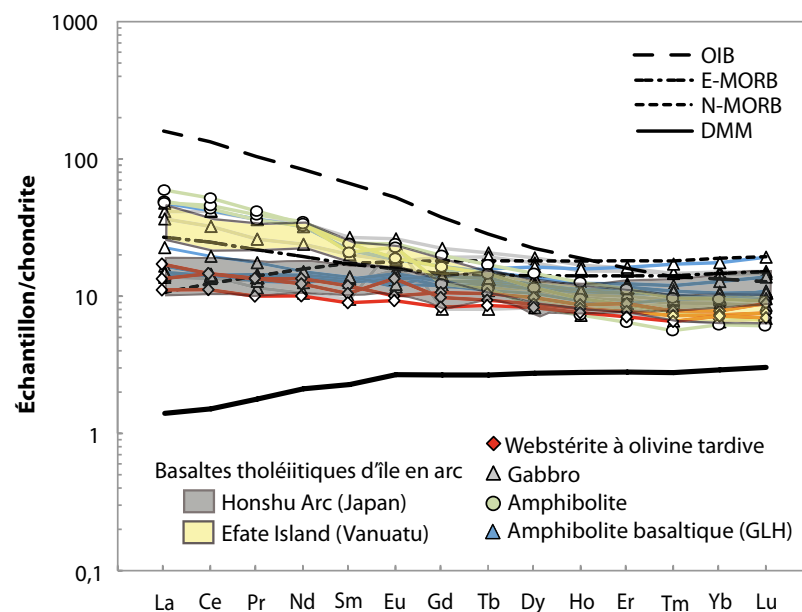
De façon similaire au diagramme de la figure 9.7, dans un diagramme Th/Yb vs Nb/Yb (Pearce, 2008; figure 9.8) les webstérites à olivine tardives et les amphibolites basaltiques apparaissent dispersés entre les champs des “arcs océaniques” et de “E-MORB”. Par contre, l’échantillon RPP-26-14 est situé dans le champ “MORB-OIB Array”, à proximité du pôle “E-MORB”, tandis que les amphibolites se localisent entre les “E-MORB” et les “OIB”.



**Figure 9.8.** Diagramme d’environnement géotectonique Th/Yb vs Nb/Yb de Pearce (2008). Les webstérites à olivine tardives et les amphibolites basaltiques apparaissent dispersés entre le champ des “arcs océaniques” et à proximité de “E-MORB” (RPP-26-14). Les amphibolites sont localisées dans le “MORB-OIB Array”.

Les deux diagrammes des figures 9.7 et 9.8 suggèrent un contexte d'île en arc pour la plupart de ces roches (webstérites à olivine et amphibolites basaltiques), tandis qu'un contexte intermédiaire entre les "E-MORB" et les "OIB" est suggéré pour les amphibolites. Pour le premier groupe, les exemples de Pearce (2014) des laves de Taitao (Chili) présentent une distribution similaire dans ce même diagramme. Guivel et al. (1999) suggèrent l'implication de la croûte continentale, de manteau lithosphérique subcontinental et du liquide de fusion de la plaque subductée pour expliquer la distribution irrégulière des laves. Ceci semble indiquer qu'un (ou plusieurs) processus d'interaction entre les roches de la SMUN et la croûte continentale, le manteau lithosphérique subcontinental ou le liquide de fusion provenant d'une plaque subductée. Cette interaction pourrait également expliquer l'anomalie positive en Pb observée dans la figure 5.4. Le deuxième groupe, les amphibolites, pourrait indiquer une évolution du contexte tectonique, des îles en arc vers des îles océaniques ou vers un point chaud.

Ainsi, les profils des REE des webstérites à olivine tardives, des gabbros et des amphibolites de la SMUN et des amphibolites basaltiques du GLH ont été comparés avec des basaltes tholéiitiques d'île en arc (figure 9.9) de l'arc d'Honshu (Japon; Ohba et al., 2009) et d'Efate Island (Vanuatu; Raos et Crawford, 2004), deux contextes géotectoniques supra-subduction actuels et probablement similaires au contexte de formation des roches de la SMUN.



**Figure 9.9.** Profils des terres rares normalisées à la chondrite des webstérites à olivine tardives, des amphibolites et des gabbros de la SMUN et des amphibolites basaltiques du GLH et comparaison avec des basaltes tholéiitiques d'île en arc de l'arc de Honshu (Japon; Ohba et al.,

2009) et d'Efate Island (Vanuatu; Raos et Crawford, 2004). DMM = *Depleted MORB Mantle* (Workman et Hart, 2005). Valeurs de normalisation de Sun et McDonough (1989).

Dans la figure 9.9 nous observons que les webstérites à olivine et les gabbros de la SMUN ainsi que les amphibolites basaltiques du GLH présentent un profil de REE normalisé similaire à ceux des basaltes tholéitiques d'île en arc de Honshu (Japon), tandis que les amphibolites de la SMUN et un des échantillons des amphibolites basaltiques (IL-3105-A-13) montrent un profil similaire aux basaltes tholéitiques d'île en arc de Vanuatu, deux contextes supra-subduction.

Les figures 9.7, 9.8 et 9.9 suggèrent clairement un contexte d'île en arc ou arc océanique d'affinité tholéitique pour les roches de la SMUN et du GLH. En plus, ces dernières seraient génétiquement reliées aux roches mafiques de la SMUN.

#### **9.4. Pétrogenèse de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk**

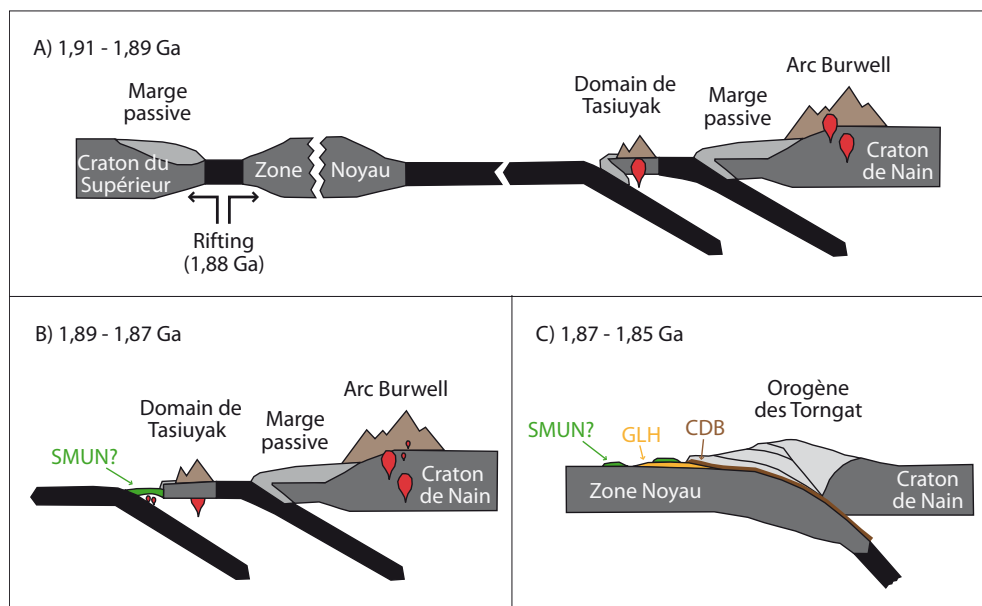
Le diagramme ternaire de la figure 3.2 (Coleman, 1977) suggère la présence de roches mantelliques dans la SMUN, et des roches cumulatives de la portion crustale. Les olivines des harzburgites (à exception de RPP-147-14) suggèrent que ces roches auraient été en équilibre avec le liquide magmatique primaire (figure 9.2), et par conséquent, que ces roches seraient des roches d'origine mantellique et qu'elles sont associées à des faciès péridotitiques, pyroxénitiques et mafiques crustaux (annexe 4, colonne stratigraphique).

Selon la composition du cœur des spinelles chromifères, la figure 9.5 montre qu'avant la rééquilibration subsolidus des spinelles avec l'olivine, la composition initiale des cœurs montrent une composition similaire à celles des spinelles chromifères des péridotites d'avant-arc principalement, et à celles des péridotites abyssales. La présence des roches mantelliques et crustales dans la SMUN suggère que ces roches appartiennent à une nouvelle séquence ophiolitique jusque là inconnue dans un contexte tectonique peut-être transitionnel entre dorsale mid-océanique (pour les signatures de péridotites abyssales) avec l'initiation d'une zone de subduction (genèse de magma tholéitique d'arc) et signature de péridotites avant-arc.

La similitude entre les profils des REE normalisés à la chondrite des gabbros de la SMUN et des amphibolites basaltiques du GLH (figure 9.6) suggère une origine commune pour ces roches. Basé sur les diagrammes des éléments traces (figures 9.7 et

9.8), la composition des amphibolites basaltiques suggère un environnement d'arc océanique avec une affinité tholéiitique (figure 9.9), similaire à ceux de l'arc Honshu, au Japon.

Ces trois contextes (péridotites abyssales et péridotites avant-arc d'après la composition des spinelles chromifères et arc océanique d'après la composition des amphibolites basaltiques) pourraient être associés à l'initiation de la subduction à partir d'un contexte MOR et la formation d'un arc immature. Le Couloir de Déformation de Blumath (CDB) pourrait, dans ce contexte, représenter la trace de la suture entre la Zone Noyau et l'Orogène des Torngat. Les magmas générés dans ce contexte auraient une composante dérivée de la plaque subduite qui pourrait expliquer l'enrichissement en LREE (figure 5.3) et en éléments traces incompatibles (figure 5.4) des roches de la SMUN. Les amphibolites basaltiques montrent une affinité géochimique similaire aux basaltes tholéiitiques d'île en arc. Ces roches se sont alors accrétées à la bordure est de la partie sud-est de la Province du Churchill, suite à la fermeture d'un bassin océanique marginal jusqu'alors inconnu dans l'Océan Manikewan (figure 9.10).



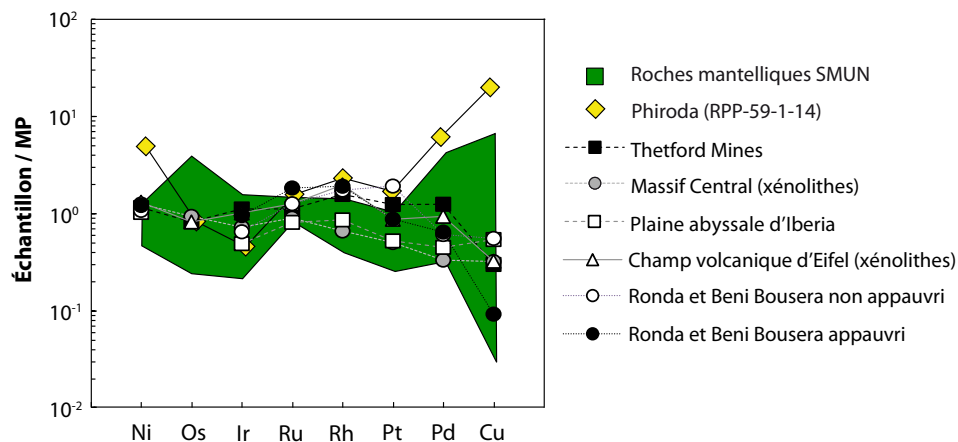
**Figure 9.10.** Modèle d'évolution de la Zone Noyau proposé par Wardle et al. (2002) entre 1,91 et 1,89 Ga (A), entre 1,89 et 1,87 Ga (B) et entre 1,87 et 1,85 Ga (C). La SMUN pourrait être associée à la zone d'avant-arc entre l'arc de Tasiuyak et le CDB. Ce dernier soulignerait la trace de l'ancien plan de subduction, la suture entre les terrains de la Zone Noyau et les terrains du Nain.

## 9.5. L'hypothèse d'une ophiolite : les arguments en faveur et en défaveur

Jusqu'à maintenant, les arguments suggérant que les roches de la SMUN appartiennent à une ophiolite ont été expliqués de façon détaillée, mais il existe des arguments qui n'ont juste pas permis de confirmer cette interprétation.

### 9.5.1. Arguments en faveur

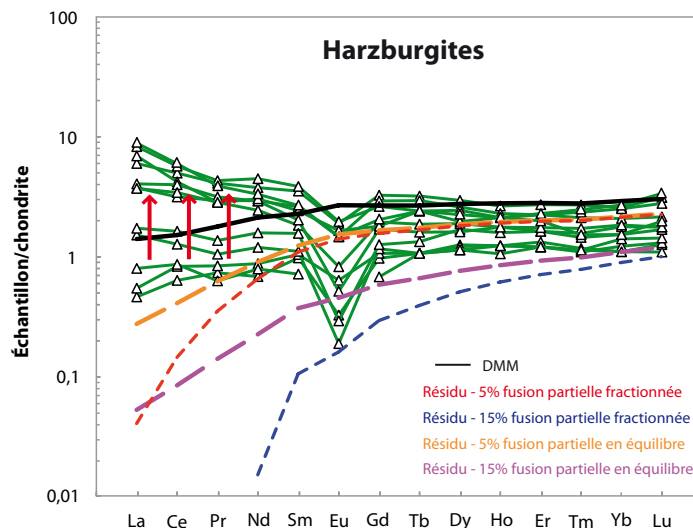
- Les roches ultramafiques de la SMUN et les dykes mafiques (RPP-62-A-14, RPP-63-A-14) situés dans les péridotites ont atteint des faciès des granulites. Les roches mafiques situées au-dessus des webstérites à olivine (RPP-21-14, RPP-100-14, RPP-111-14) et les amphibolites basaltiques du GLH semblent avoir atteint des faciès des amphibolites comme maximum.
- Le contenu en ÉGP des roches mantelliques est relativement bas, à l'exception de l'indice Phiroda (RPP-59-1-14), entre 10 et 50 ppb d'ÉGP. Ce contenu est relativement similaire à ceux des roches mantelliques de l'ophiolite de Thetford Mines, des xénolites mantelliques provenant du Massif Central, la plaine abyssale d'Iberia, le champ volcanique d'Eifel et les péridotites mantelliques de Ronda et Beni Bousera (figure 9.11). Le contenu moyen en ÉGP du manteau supérieur est d'environ 30 ppb (Lorand et al., 2013), un contenu similaire à ceux des roches mantelliques de la SMUN.



**Figure 9.11.** Contenu en Ni, ÉGP et Cu des roches mantelliques de la SMUN (harzburgites) normalisé au manteau primitif (MP). Données comparatives du manteau de Thetford Mines (Pagé, 2006), xénolites mantelliques du Massif Central (Lorand et Allard, 2001), la plaine abyssale d'Iberia (Hébert et al., 2001), des xénolites mantelliques du champ volcanique d'Eifel (Schmidt et al., 2003) et les péridotites de Ronda et Beni Bousera (Gueddari et al., 1996). Valeurs de normalisation du Ni et du Cu de McDonough et Sun (1995); valeurs de normalisation des ÉGP de Barnes et Maier (1999).

- La composition des olivines des harzburgites (à exception de la harzburgite RPP-147-14) suggèrent que ces roches ont été en équilibre avec le liquide magmatique primaire. De plus, le contenu en MnO de ces olivines est similaire à ceux des olivines des ophiolites (Vance et Dungan, 1977).
- La portion mantellique de la SMUN est composée d'harzburgites, et particulièrement des harzburgites à spinelle, plagioclase (4%; calcul approximatif à partir d'une règle de proportionnalité dans la figure 9.1) et clinopyroxène (5%).
- Le Couloir de Déformation de Blumath est une structure majeure qui sépare des terrains de grades métamorphiques contrastés : à l'ouest les terrains appartenant à la Zone Noyau, où la SMUN se retrouve, sont au grade des schistes verts à amphibolites alors qu'à l'est du couloir, les terrains appartenant à l'Orogène des Torngat sont au faciès des granulites. Le CDB pourrait représenter la trace de la suture entre les terrains océaniques accrétés lors de l'Orogénese Transhudsonnienne.
- Les analyses des cœurs des spinelles chromifères des harzburgites suggèrent un contexte avant-arc ou des péridotites abyssales pour les roches de la SMUN. Par contre, le métamorphisme rend difficile l'utilisation de la composition des spinelles avec conviction pour définir leur contexte géologique. Par contre, les arguments qui suggèrent la présence des harzburgites à spinelle (plagioclase et clinopyroxène) mantelliques surmontées d'une séquence crustale cumulative composée de péridotites, pyroxénites et roches mafiques, ainsi que le contexte géotectonique de la région n'empêchent pas d'attribuer un contexte supra-subduction pour ces roches.
- L'enrichissement en LREE de la plupart des roches du manteau (figures 5.3 et 9.12) semble être associé au métasomatisme relié au matériel dérivé de la plaque subduite dans un contexte supra-subduction. En plus, la signature géochimique des webstérites à olivine, des amphibolites et des gabbros de la SMUN ainsi que des amphibolites basaltiques du GLH s'apparente à des magmas de type tholéiite d'arc (figure 9.9).





**Figure 9.12.** Profils des terres rares normalisés à la chondrite des harzburgites qui montrent un enrichissement en LREE par rapport au DMM (*Depleted MORB Mantle*; Workman et Hart, 2005). Les courbes des résidus de fusion suite à 5% et 15% de fusion partielle fractionnée et en équilibre basées sur l'équation de fusion en équilibre de Hanson (1980) sont montrées. Les courbes du modèle de fusion fractionnée ont été réalisées selon la méthode de Pagé (2006). Ces courbes sont basées sur le modèle de fusion partielle à partir du DMM évoluant dans le champs de stabilité du spinelle. Valeurs de normalisation de Sun et McDonough (1989).

#### 9.5.2. Arguments en défaveur

- Les données de LA-ICP-MS obtenues des spinelles chromifères n'ont pas pu être utilisées à cause de l'altération des grains, puisque le signal des analyses est inférieur à 10 secondes.
- Également, le métamorphisme et la rééquilibration tardive des minéraux qui constituent les roches de la SMUN rendent difficile la caractérisation des protolithes originaux.

### 9.6. Nomenclature des assemblages : suite, complexe ou séquence ?

Au chapitre 1 nous avons défini l'acronyme SMUN comme "Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk". L'interprétation de la nature des roches de la SMUN, qui constituent à l'origine une partie de la base de la croûte océanique et la partie supérieure du manteau appartenant à une section ophiolitique, nous amène à proposer une nouvelle nomenclature pour ces roches.

Le "Code stratigraphique nord-américain" (MER, 1986) définit *suite* comme :

**Suite** : terme qui comprend deux ou plusieurs *lithodèmes* associés et la même classe (plutonique, métamorphique, etc.).

→ *Lithodème* : s'applique à une masse de roche intrusive, intensément déformée ou intensément métamorphisée, généralement non-tabulaire, dépourvue de structures de dépôt primaires et dotée d'une certaine homogénéité lithique. Il peut être cartographié en surface et suivi en subsurface.

En considérant ce terme, un lithodème est *dépourvu de structures de dépôt primaires*. Ceci n'est pas le cas des roches de la SMUN (voir section 4.1. *Textures primaires*, figure 4.2), qui préservent du litage magmatique. En appliquant cette condition, le terme *suite* peut être rejeté et un nouveau terme doit être proposé.

Les deux termes à considérer pour définir l'assemblage des roches mafiques-ultramafiques de Nuvulialuk sont "*complexe*" et "*séquence*". Le "Code stratigraphique nord-américain" contient la définition de *complexe*, mais pas la définition de *séquence* :

***Complexe*** : terme appliqué à un assemblage ou amalgame de roches de deux ou plusieurs classes génétiques (ignées, sédimentaires ou métamorphiques), avec ou sans structure très compliquée. Le terme complexe ne peut pas être appliqué pour désigner un assemblage de roches qui consiste en des types variés de roches appartenant à une seule classe (i.e. les terrains où affleurent des intrusions variées, les terrains de diverses roches métamorphiques de haut grade) à l'exception du complexe volcanique et du complexe structural.

***Séquence*** : ce terme ne fait pas partie des noms lithodémiques ou lithostratigraphiques. Il est associé à une succession de roches (Daniel Bandyayera, comm. pers. 2015).

→ Sloss (1963) associe ce terme aux unités délimitées par des discordances majeures à l'échelle régionale sur le craton nord-américain.

Le terme *séquence* ferait allusion aux différents assemblages observés à l'intérieur du complexe de Nuvulialuk (e.g., séquence mantellique-crustale, séquence péridotitique-pyroxénite, etc.).

En considérant ces deux termes, les deux pourraient être adoptés pour définir les roches de Nuvulialuk, mais seulement le terme "*complexe*" est inclus dans le "Code stratigraphique nord-américain". Nous suggérons le changement suivant pour la

nomenclature de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk pour qu'il soit remplacé par le **Complexe Ophiolitique de Nuvulialuk**. Soulignons aussi l'aspect exceptionnel d'une séquence ophiolitique d'âge Paléoprotérozoïque puisqu'elles sont très peu nombreuses à avoir été répertoriées et décrites. Maintenant, en plus des complexes ophiolitiques de Jormua (Kontinen, 1987) et d'Outokumpu (Park, 1983) situées en Finlande et celle de Purtunq (St-Onge et al., 1987) dans la ceinture de Cape Smith dans le Nord du Québec, il y a le Complexe Ophiolitique de Nuvulialuk.

Suite aux travaux de terrain, une datation U-Pb sur des grains de zircon est en cours à la Commission Géologique du Canada (annexe 5).



## CHAPITRE 10 – CONCLUSIONS

### 10.1. Conclusions

- La Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk est localisée dans la Zone Noyau, dans le sud-est de la Province de Churchill, à proximité du Couloir de Déformation de Blumath. Ce couloir de déformation pourrait représenter une ancienne zone de suture. Il sépare la Zone Noyau (faciès métamorphique des schistes verts - amphibolite) de l'Orogène des Torngat (faciès métamorphique des granulites).
- La cartographie détaillée ainsi que l'étude des lames minces a permis d'identifier diverses lithologies : des faciès ultramafiques (péridotites harzburgitiques et lherzolitiques (dont certaines pourraient être d'origine mantellique), webstérites à olivine, dykes de webstérites à olivine, dykes de webstérite, dykes de clinopyroxénite) et des faciès mafiques (des amphibolites, des gabbros, des basaltes).
- La pétrographie microscopique montre que les roches de la SMUN sont généralement très altérées, déformées et recristallisées. Malgré ces conditions, des textures magmatiques peuvent être reconnues.
- La lithogéochimie des éléments majeurs et mineurs suggère que les roches de la SMUN ont majoritairement une origine crustale et résultent d'un processus de cristallisation fractionnée.
- La composition des spinelles résulte de la superposition de plusieurs processus : la fusion partielle/la cristallisation fractionnée, la rééquilibration subsolidus, le métasomatisme et le métamorphisme au grade granulite. Malgré la modification de la composition des spinelles, les rapports Cr# et Mg# peuvent être utilisés pour tenter d'identifier le contexte géotectonique. D'après la composition des chromites, les roches de la SMUN montrent des caractéristiques comparables à des péridotites d'avant-arc ou des péridotites abyssales.
- Les complexes ophiolitiques n'ont qu'un très faible potentiel pour les minéralisations en Ni-Cu. Dans ce type de contexte, le potentiel économique repose essentiellement sur les gisements de Cr (et éventuellement des gisements d'ÉGP) ainsi que sur les gisements de sulfures massifs volcanogènes de type Chypre. Par contre, la nature des magmas (type MORB) n'est pas favorable à la formation de gisement de chromite et des ÉGP comme le serait des magmas de type boninitique. Il s'avère donc que le Complexe Ophiolitique de Nuvulialuk semble avoir un faible potentiel économique.

- Les profils des REE des amphibolites basaltiques du GLH, montrent des profils des REE similaires aux webstérites à olivine tardives, aux amphibolites et aux gabbros de la SMUN, ce qui suggère une origine commune pour ces roches. Les profils des REE de ces roches et les éléments traces montrent des caractéristiques similaires aux basaltes tholéitiques d'île en arc océaniques pour la plupart des roches. Les amphibolites constituent l'exception puisqu'elles montrent des caractéristiques transitionnelles entre les "E-MORB" et les "OIB". Cette variation pourrait indiquer une évolution du contexte géotectonique lors de la formation de la SMUN, d'un environnement tectonique avant-arc ou abyssale et qui évolue vers un contexte d'île en arc puis vers un contexte vers des îles océaniques ou vers un point chaud.
- La nature des roches de la SMUN et l'interprétation de son contexte géotectonique de formation suggèrent que les roches n'appartiennent vraisemblablement pas à une suite magmatique intrusive qui recoupe les roches du Complexe d'Ungava et les roches du Groupe de Lake Harbour. Les roches de la SMUN correspondent davantage à un complexe ophiolitique incluant possiblement une partie de la portion de manteau et assurément une section crustale. Ces roches se sont alors accrétées à la bordure est de la partie sud-est de la Province du Churchill, suite à la fermeture d'un bassin océanique jusqu'alors inconnu et à l'accrétion du Nain menant à la formation de l'Orogène des Torngat. L'interprétation que le Couloir de Déformation de Blumath constitue une ancienne zone de suture semble avérée.
- Puisque la caractérisation pétrographique et géochimique des roches suggère qu'il s'agit principalement de la section crustale d'une ophiolite probablement appartenant à la croûte océanique de l'Océan Manikewan, un changement dans la nomenclature de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk par le **Complexe Ophiolitique de Nuvulialuk** est suggéré.

## 10.2. Perspectives futures

Les roches de la suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk avaient été définies comme une intrusion litée, mais leur caractéristiques pétrologiques et géochimiques dénotent une origine ophiolitique pour ces roches. Puisqu'il s'agit d'une nouvelle découverte, les perspectives futures se basent sur les détails reliés à leur origine et leur formation, ainsi qu'à la nature des roches environnantes. Ainsi, plusieurs études pourraient être réalisés afin de mieux comprendre ce nouveau complexe ophiolitique :

1. Datation des roches ultramafiques à partir de la présence de la baddeleyite. Une datation U-Pb est en cours à la Commission Géologique du Canada.
2. Caractérisation du parcours P-T des roches à partir du logiciel THERMOCALC ou Perple\_X.
3. Isotopes de Sr, Nd et Hf afin d'identifier la source métasomatique qui semble caractériser l'enrichissement en LREE et LILE des roches de la SMUN.
4. Caractérisation de la nature et le contexte géologique et datation des métasédiments du GLH. Possible implication des métasédiments comme source de contamination du magma parent (anomalies positives en Pb).





## RÉFÉRENCES

- Augé, T., Petrunov, R. et Bailly, L. (2005). On the origin of the PGE mineralization in the Elatsite porphyry Cu–Au deposit, Bulgaria; comparison with the Baula–Nuasahi Complex, India, and other alkaline PGE-rich porphyries. *Canadian Mineralogist*, 43, 1355-1372.
- Azer, M.K. et Khalil, A.E.S. (2005). Petrological and mineralogical studies of Pan-African serpentinites at Bir Al-Edeid area, central Eastern Desert, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 43 (5), 525-536.
- Baker, D.R., Barnes, S.-J., Simon, G. et Bernier, F. (2001). Fluid transport of sulfur and metals between sulfide melts and basaltic melt. *Canadian mineralogist*, 39, 537-546.
- Ballhaus, C. et Sylvester, P. (2000). Noble metal enrichment processes in the Merensky Reef, Bushveld Complex. *Journal of Petrology*, 41 (4), 545-561.
- Barnes, S.J. (2000). Chromite in komatiites, II. Modification during greenschist to mid-amphibolite facies metamorphism. *Journal of Petrology*, 41 (3), 387-409.
- Barnes, S.J. (2004). Komatiites and nickel sulfide ores of the Black Swan area, Yilgarn Craton, Western Australia. 4. Platinum group element distribution in the ores, and genetic implications. *Mineralium Deposita*, 39, 752-765.
- Barnes, S.J. et Roeder, P.L. (2001). The Range of Spinel Compositions in Terrestrial Mafic and Ultramafic Rocks. *Journal of Petrology*, 42 (12), 2279-2302.
- Barnes, S.-J. et Maier, W.D. (1999). The fractionation of Ni, Cu and the noble metals in silicate and sulfide liquids. En : *Dynamic Processes in Magmatic Ore Deposits and their application in mineral exploration*. Keays, R.R., Leshner, C.M., Lightfoot, P.C. et Farrow, C.E.G. (Éds.). Geological Association of Canada, Short Course 13, 69-106.
- Barnes, S.-J. et Ripley, E.M. (2016). Highly siderophile and strongly chalcophile elements in magmatic ore deposits. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 81 (1), 725-774.
- Barnes, S.-J., Naldrett, A.J. et Gorton, M.P. (1985). The origin of the fractionation of platinum-group elements in terrestrial magmas. *Chemical Geology*, 53, 303-323.
- Bence, A.E. et Albee, A.L. (1968). Empirical correction factor for electron microanalysis of silicates and oxides. *Journal of Geology*, 76, 382-403.
- Berman, R.G. (1988). Internally consistent thermodynamic data for minerals in the system  $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{MgO}-\text{FeO}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{TiO}_2-\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ . *Journal of Petrology*, 29 (2), 445-522.
- Berman, R.G. (1990). Mixing properties of Ca-Mg-Fe-Mn garnets. *American Mineralogist*, 75 (3-4), 328-344.
- Berman, R.G. (1991). Thermobarometry using multiequilibrium calculations: a new technique with petrologic applications *Canadian Mineralogist*, 29, 833-855.

- Bertrand, J.M., Roddick, J.C., Van Krannendonk, M.J. et Ermanovics, I. (1993). U – Pb geochronology of deformation across a central transect of the Early Proterozoic Torngat orogen, North River map area, Labrador. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 30, 1470-1489.
- Bowles F. W., Howie R. A., Vaughan D. J. et Zussman J. (2011). *Rock-Forming Minerals. vol. 5. Non-silicates : Oxides, Hydroxides and Sulphides*. 2nd Edn. The Geological Society Publishing House, 371 p.
- Brenan, J.M., McDonough, W.F. et Ash, R. (2005). An experimental study of the solubility and partitioning of iridium, osmium and gold between olivine and silicate melt. *Earth and Planetary Science Letters* 237, 855-872.
- Bucher, K. et Frey, M. (1994). *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*. New York, Springer-Verlag, 318 p.
- Cabral, A.R., Lehmann, B., Kwitko, R. et Costa, C.C., (2002). The Serra Pelada Au-Pd-Pt deposit, Carajás mineral province, northern Brazil: reconnaissance mineralogy and chemistry of very high grade palladian gold mineralization. *Economic geology*, 97 (5), 1127-1138.
- Capobianco, C.J., Hervig, R.L. et Drake, M.J. (1994). Experiments on crystal/liquid partitioning of Ru, Rh and Pd for magnetite and hematite solid solutions crystallized from silicate melt. *Chemical Geology*, 113 (1-2), 23-43.
- Charette, B. (2016). Long-lived Anatexis in the Exhumed Middle Crust from the Torngat Orogen and Eastern Core Zone: Constraints from Geochronology, Petrochronology, and Phase Equilibria Modeling. M.Sc. Thesis, Waterloo University, Ontario; 427 p.
- Charrette, B. et Guilmette, C. (2014). *Pétrologie métamorphique de l’Orogène des Torngat et de la marge est de la Zone Noyau – Province de Churchill Sud-Est*. Ministère des Ressources naturelles, Québec; MB2014-34, 48 p.
- Clark, T. et Wares, R. (2004). *Synthèse lithotectonique et métallogénique de l’Orogène du Nouveau-Québec (Fosse du Labrador)*. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Québec; MM 2004-01, 182 p., 1 plan.
- Coleman, R.G. (1977). What is an Ophiolite?. In : *Ophiolites* (1-7 p.). Springer Berlin Heidelberg.
- Connolly, J. (1990). Multivariable phase diagrams; an algorithm based on generalized thermodynamics. *American Journal of Science*, 290, 666-718
- Cook, C.A. (1999). The tectonic evolution of mantle rocks from the Lizard Ophiolite Complex, south-west England. Ph.D. Thesis, University of St. Andrews, Écosse, Royaume-Uni; 460 p.
- Cook, C.A., Holdsworth, R.E., Styles, M.T. et Pearce, J.A. (2000). Pre-emplacement structural history recorded by mantle peridotites: an example from the Lizard Complex, SW England. *Journal of the Geological Society*, 157 (5), 1049-1064.
- Corrigan, D., Pehrsson, S., Wodicka, N. et de Kemp, E. (2009). The Palaeoproterozoic Trans-Hudson Orogen : a prototype of modern accretionary processes. *Geological Society (London). Special Publication* 327, 457-479.

- Corrivaux, L. et Laflamme, J.G. (1990). Minéralogie des Éléments du Groupe du Platine dans les chromitites de l'ophiolite de Thetford Mines, Québec, Canada. *Canadian Mineralogist*, 28, 579-595.
- Deer, W.A., Howie, R.A. et Zussman, J. (1992). *An Introduction to the Rock Forming Minerals*. 2<sup>e</sup> éd., Longman, Londres, 696 p.
- Dick, H.J., Lissenberg, C.J. et Warren, J.M. (2010). Mantle melting, melt transport, and delivery beneath a slow-spreading ridge: The paleo-MAR from 23°15'N to 23°45'N. *Journal of Petrology*, 51 (1-2), 425-467.
- Dilek, Y. et Furnes, H. (2014). Ophiolites and their origins. *Elements*, 10, 93-100.
- Dungan, M.A. (1979). A microprobe study of antigorite and some serpentine pseudomorphs. *The Canadian Mineralogist*, 17 (4), 771-784.
- Evans, B.W. (1977). Metamorphism of alpine peridotite and serpentinite. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 5, 397-447.
- Evans, K.A., Powell, R. et Frost, B.R. (2013). Using equilibrium thermodynamics in the study of metasomatic alteration, illustrated by an application to serpentinites. *Lithos* 168-169, 67-84.
- Fleet, M.E., MacRae, N.D. et Herzberg, C.T. (1977). Partition of Nickel Between Olivine and Sulfide: A Test for Immiscible Sulfide Liquids. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 65, 191-197.
- Gale, A., Dalton, C.A., Langmuir, C.H., Su, Y. et Schilling, J.G. (2013). The mean composition of ocean ridge basalts. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 14 (3), 489-518.
- Gammons, C.H. (1996). Experimental investigations of the hydrothermal geochemistry of platinum and palladium; V, Equilibria between platinum metal, Pt(II) and Pt(IV) chloride complexes at 25 to 300 degrees C. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60, 1683-1694.
- Girard, R. (1990). Evidence d'un magmatisme d'arc protérozoïque inférieur (2.3 Ga) sur le plateau de la rivière George. *Geoscience Canada*, 17, 265-268.
- Goulet, N. (1995). Étude structurale, stratigraphique et géochronologique de la partie nord de la Fosse du Labrador. Ministère des Ressources naturelles, Québec; MB 95-36, 39 p., 1 plan.
- Gueddari, K., Piboule, M. et Amossé, J. (1996). Differentiation of platinum-group elements (PGE) and of gold during partial melting of peridotites in the lherzolitic massifs of the Betico-Rifean range (Ronda and Beni Bousera). *Chemical Geology*, 134, 181-197.
- Guivel, C., Lagabriele, Y., Bourgois, J., Maury, R.C., Fourcade, S., Martin, H. et Arnaud, N. (1999). New geochemical constraints for the origin of ridge-subduction-related plutonic and volcanic suites from the Chile Triple Junction (Taitao Peninsula and Site 862, LEG ODP141 on the Taitao Ridge). *Tectonophysics*, 311 (1), 83-111.

- Hanson, G.N. (1980). Rare earth elements in petrogenetic studies of igneous systems. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 8, 371-406.
- Hébert, R., Serri, G. et Hékinian, R. (1989). Mineral chemistry of ultramafic tectonites and ultramafic to gabbroic cumulates from the major oceanic basins and Northern Apennine ophiolites (Italy) - A comparison. *Chemical Geology*, 77 (3-4), 183-207.
- Hey, M.H. (1954). A New Review of the Chlorites. *Mineralogical Magazine*, 30, 277-292.
- Hoffman, P.F. (1981) Autopsy of Athapuscow Aulacogen : A failed arm affected by three collisions. En : *Proterozoic basins of Canada*. Campbell, F.H.A. (Éd.). Geological Survey of Canada, Paper 81-10, 97-102.
- Hoffman, P. (1988). United Plates of America, the birth of a Craton: Early Proterozoic assembly and growth of ProtoLaurentia. *Annual Reviews of Earth and Planetary Sciences*, 16, 543-603.
- Hoffman, P. (1990). Subdivision of the Churchill Province and extent of the Trans-Hudson Orogen. En : *The Early Proterozoic Trans-Hudson Orogen*. Lewry, J.F. et Stauffer, M.R. (Éds.). Geological Association of Canada, Special Paper 37, 15-39.
- Holland, T.J.B. et Powell, R. (1998). An internally consistent thermodynamic dataset for phases of petrological interest *Journal of Metamorphic Geology*, 16, 309-343.
- Hou, G., Santosh, M., Qian, X., Lister, G.S. et Li, J. (2008). Configuration of the late Palaeoproterozoic supercontinent Columbia: insights from radiating mafic dyke swarms. *Gondwana Research*, 14, 395-409.
- Intissar, R., Benahmed, S. et D'Amours, I. (2014). Levé magnétique et spectrométrie aéroporté dans le secteur nord de la rivière George, partie sud-est de la Province de Churchill. Ministère des Ressources naturelles, Québec; DP 2014-02, 9 p.
- Irvine, T.N. (1965). Chromian spinel as a petrogenetic indicator: Part 1. Theory. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 2 (6), 648-672.
- Isnard, H., Parent, M., Bardoux, M., David, J., Gariépy, C. et Stevenson, R.K. (1998). U-Pb, Sm-Nd and Pb-Pb isotope geochemistry of the high-grade gneiss assemblages along the southern shore of Ungava Bay. En : *Eastern Canadian Shield Onshore-Offshore Transect (ECSOOT), Report of the 1998 Transect Meeting*. Wardle, R.J. et Hall, J. (Éds). The University of British Columbia, Lithoprobe Secretariat, Report 68, 67-77.
- Jackson, G.D. et Taylor, F.C. (1972). Correlation of major Archean rock units in the northeastern Canadian Shield. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 9, 1650-1669.
- James, D.T., Connelly, J.N., Wasteneys, H.A. et Kilfoil, G.J. (1996). Paleoproterozoic lithotectonic divisions of the southeastern Churchill Province, western Labrador. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 33, 216-230.
- James, D.T. et Dunning, G. (2000). U-Pb geochronological constraints for Paleoproterozoic evolution of the core zone, southeastern Churchill Province, northeastern Laurentia. *Precambrian Research*, 103, 31-54.

- Juteau, T. et Maury, R. (2008). La croûte océanique. Société Géologique de France, Vuibert, 470 p.
- Kontinen, A. (1987). An early Proterozoic ophiolite - the Jormua mafic-ultramafic complex, northeastern Finland. *Precambrian Research*, 35, 313-341.
- Lafrance, I., Bandyayera, D. et Bilodeau, C. (2015). Géologie de la région du lac Henrietta (SNRC 24H). Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; RG2015-01, 60 p.
- Leake, B.E., Woolley, A.R., Arps, C.E.S., Birch, W.D., Gilbert, M.C., Grice, J.D., Hawthorne, F.C., Kato, A., Kisch, H.J., Krivovichev, V.G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J.A., Maresch, W.V., Nickel, E.H., Rock, N.M.S., Schumacher, J.C., Smith, D.C., Stephenson, N.C.N., Ungaretti, L., Whittaker, E. and Youzhi, G. (1997). Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, commission on new minerals and mineral names. *European Journal of Mineralogy*, 9, 623-651.
- Lesnov, F.P. (2010). Rare earth elements in ultramafic and mafic rocks and their minerals. CRC Press, Taylor & Francis Group, Londres, 562 p.
- Liu W. et McPhail D.C. (2005). Thermodynamic properties of copper chloride complexes and copper transport in magmatic-hydrothermal solutions. *Chemical Geology*, 221, 21-39.
- Lorand, J.P. et Allard, O. (2001). Platinum-group element abundances in the upper mantle: New constraints from in situ and whole-rock analyses of Massif Central xenoliths (France). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 65, 2789-2806.
- Lorand, J.P., Luguet, A. et Alard, O. (2013). Platinum-group element systematics and petrogenetic processing of the continental upper mantle: A review. *Lithos*, 164, 2-21.
- Luguet, A., Shirey, S. B., Lorand, J.-P., Horan, M. F. et Carlson, R. W. (2007). Residual platinum-group minerals from highly depleted harzburgites of the Lherz massif (France) and their role in HSE fractionation of the mantle. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71, 3082-3097
- Lyubetskaya, T. et Korenaga, J. (2007). Chemical composition of Earth's primitive mantle and its variance: 1. Method and results. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 112 (B3).
- Machado, N., Clark, T., David, J. et Goulet, N. (1997). U-Pb ages for magmatism and deformation in the New Quebec Orogen. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 34, 716-723.
- Maier W.D. et Barnes S.-J. (1999). Platinum-group elements in silicate rocks of the Lower, Critical and Main Zones of the Bushveld Complex. *Journal of Petrology*, 40, 1647-1671.
- Maier, W.D., Rasmussen, B., Fletcher, I.R., Godel, B., Barnes, S.J., Fisher, L.A., Yang, S.H., Huhma, H. et Lahaye, Y. (2015). Petrogenesis of the ~2.77 Ga Monts de

- Cristal Complex, Gabon: evidence for direct precipitation of Pt-arsenides from basaltic magma. *Journal of Petrology*, 56 (7), 1285-1308.
- Maurel, C. et Maurel, P. (1982). Étude expérimentale de la distribution de l'aluminium entre bain silicaté basique et spinelle chromifère. Implication Petrogénétiques: tener en chrome des spinelles. *Bulletin de Minéralogie*, 105, 197-202.
- McBirney, A.R. (1993). *Igneous Petrology*. Jones and Bartlett Publishers, Boston, 509 p.
- McDonough, W.F. et Sun, S.S. (1995). The composition of the Earth. *Chemical geology*, 120 (3-4), 223-253.
- Mengel, F. et Rivers, T. (1991). Decompression reactions and P-T conditions in high-grade rocks, northern Labrador: P-T-t paths from individual samples and implications for Early Proterozoic tectonic evolution. *Journal of Petrology*, 32, 139-167.
- Mengel, F., Rivers, T. et Reynolds, P. (1991). Lithotectonic elements and tectonic evolution of Torngat Orogen, Saglek Fiord, Northern Labrador. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 28, 1407-1423.
- MER (1986). Code stratigraphique nord-américain. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DV 86-02, 74 p.
- Mitchell, R.H. et Keays, R.R. (1981). Abundance and distribution of gold, palladium and iridium in some spinel and garnet lherzolites: implications for the nature and origin of precious metal-rich intergranular components in the upper mantle. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45 (12), 2425-2442.
- Moorhead, J. (1989). Stratigraphy, structure and metamorphism of the Renia basement gneiss body and the adjacent cover succession in the western hinterland zone of the northern Labrador Trough, west of Kuujuaq, northern Quebec. M. Sc. Thesis, McGill University, Montréal, Québec; 174 p.
- Morimoto, N. (1988). Nomenclature of pyroxenes. *Mineralogy and Petrology*, 39 (1), 55-76.
- Müntener, O., Piccardo, G.B., Polino, R. et Zanetti, A. (2005). Revisiting the Lanzo Peridotite (NW-Italy) : "Asthenospherization" of ancient mantle lithosphere. *Ophioliti*, 30 (2), 111-124.
- Neary, C.R., Prichard, H.M. et Potts, P.J. (1984). Chromite, platinoids, gold and moly in the Shetlands. *Mining Magazine*, 151, 559-560.
- Nutman, A.P., Green, D.H., Cook, C.A., Styles, M.T. et Holdsworth, R.E. (2001). SHRIMP U-Pb zircon dating of the exhumation of the Lizard Peridotite and its emplacement over crustal rocks : constraints for tectonic models. *Journal of the Geological Society, London*, 158, 809-820.
- Ohba, T., Matsuoka, K., Kimura, Y., Ishikawa, H. et Fujimaki, H. (2009). Deep crystallization differentiation of arc tholeiite basalt magmas from Northern Honshu Arc, Japan. *Journal of Petrology*, 50 (6), 1025-1046.



- Olivo, G.R., Gauthier, M., Williams-Jones, A.E. et Levesque, M. (2001). The Au-Pd Mineralization at the Conceição Iron Mine, Itabira District, Southern São Francisco Craton, Brazil: An example of a “jacutinga-type” deposit. *Economic Geology*, 96, 61-74.
- Pagé, P. (2006). Pétrogenèse de l’Ophiolite de Thetford Mines, Québec, Canada, avec un accent particulier sur les roches du manteau et les chromitites. Ph.D. Thesis, INRS-ETE, Québec; 282p.
- Pagé P. et Barnes S.-J. (2013). Chromite composition by LA-ICP-MS: Upgraded petrogenetic and provenance tools, the new generation. GAC-MAC Annual Meeting v. 36, p. 156, Manitoba, Canada, 22nd May.
- Pagé, P. et Barnes, S.-J. (2016). The influence of chromite on osmium, iridium, ruthenium and rhodium distribution during early magmatic processes. *Chemical Geology*, 420, 51-68.
- Pagé, P., Bédard, J.H., Schroetter, J.M. et Tremblay, A. (2008). Mantle petrology and mineralogy of the Thetford Mines ophiolite complex. *Lithos*, 100 (1), 255-292.
- Pan, P. et Wood, S.A (1994). Solubility of Pt and Pd sulfides and Au metal in aqueous bisulfide solutions; II, Results at 200°C to 350°C and saturated vapor pressure. *Mineralium Deposita*, 29, 373-390.
- Park, A.F. (1983). The origin and tectonic setting of serpentinites and related rocks in the Outokumpu assemblage of the Svecokarellides, eastern Finland. Ph.D. Thesis, University of Glasgow.
- Pearce, J.A. (2008). Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos*, 100 (1), 14-48.
- Pearce, J.A. (2014). Immobile element fingerprinting of ophiolites. *Elements*, 10 (2), 101-108.
- Peck, D.C. et Keays, R.R. (1990). Geology, geochemistry and origin of platinum-group element chromitite occurrences in the Heazlewood River Complex, Tasmania. *Economic Geology*, 85, 765-793.
- Pedreira Pérez, R. (2015). Caractérisation pétrologique et géochimique de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk, Province de Churchill Sud-Est, Québec. Ministère de l’Énergie et des Ressources naturelles, Québec; MB2015-08, 40 p.
- Pedreira Pérez, R. et Pagé, P. (2016). La Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk : une nouvelle séquence ophiolitique dans l’arrière-pays de la Zone Noyau du Sud-Est de la Province de Churchill (Québec). Ministère de l’Énergie et des Ressources naturelles, Québec; MB2016-14, 54 p.
- Peregoedova, A., Barnes, S.-J. et Baker, D.R. (2004). The formation of Pt–Ir alloys and Cu–Pd-rich sulfide melts by partial desulfurization of Fe–Ni–Cu sulfides: results of experiments and implications for natural systems. *Chemical Geology*, 208, 247-264.

- Perreault, S. et Hynes, S. (1990). Tectonic evolution of the Kuujuaq terrane, New Quebec Orogen. *Geoscience Canada*, 17, 238-240.
- Pesonen, L.J., Elming, S.-Å., Mertanen, S., Pisarevsky, S., D'Agrella-Filho, M.S., Meert, J.G., Schmidt, P.W., Abrahamsen, N. et Bylund, G. (2003). Paleomagnetic configuration of continents during the Proterozoic. *Tectonophysics*, 375, 289-324.
- Philpotts, A.R. et Ague, J.J. (2008). *Principles of igneous and metamorphic petrology*. Yale University, 498 p.
- Poirier, G.G., Perreault, S. et Hynes, A. (1990). Nature of the eastern boundary of the Labrador Trough near Kuujuaq, Quebec. En : *The Early Proterozoic Trans-Hudson Orogen of North America: Lithotectonic correlations and evolution*. Lewry, J.F. et Stauffer, M.R. (Éds.). Geological Association of Canada; Special Paper 37, 397-412.
- Powell, R. et Holland, T.J.B. (1988). Calculating phase diagrams involving solid solutions via non linear equations with examples using THERMOCALC. *Journal of Metamorphic Geology*, 16, 577-588.
- Prichard, H.M., Lord, R.A. et Neary, C.R. (1996). A model to explain the occurrence of platinum-and palladium-rich ophiolite complexes. *Journal of the Geological Society*, 153 (2), 323-328.
- Puchtel, I.S. et Humayun, M. (2001). Platinum group element fractionation in a komatiitic basalt lava lake. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 65 (17), 2979-2993.
- Raos, A.M. et Crawford, A.J. (2004). Basalts from the Efate Island Group, central section of the Vanuatu arc, SW Pacific: geochemistry and petrogenesis. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 134 (1), 35-56.
- Rietmeijer, F.J. (1983). Chemical distinction between igneous and metamorphic orthopyroxenes especially those coexisting with Ca-rich clinopyroxenes: a re-evaluation. *Mineralogical Magazine*, 47, 143-151.
- Righter, K., Campbell, A.J., Humayun, M. et Hervig, R.L. (2004). Partitioning of Ru, Rh, Pd, Re, Ir, and Au between Cr-bearing spinel, olivine, pyroxene and silicate melts. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68 (4), 867-880.
- Rivers, T., Mengel, F., Scott, D.J., Campbell, L.M. et Goulet, N. (1996). Torngat Orogen - a Paleoproterozoic example of a doubly vergent collisional orogen. En : *Precambrian crustal evolution in the North Atlantic region*. Brewer, T.S. (Éd.). Geological Society Special Publication (London), 112, 117-136.
- Roeder, P.L. (1994). Chromite; from the fiery rain of chondrules to the Kilauea Iki lava lake. *The Canadian Mineralogist*, 32 (4), 729-746.
- Roeder, P.L. et Emslie, R. (1970). Olivine-liquid equilibrium. *Contributions to mineralogy and petrology*, 29 (4), 275-289.
- Rogers, J.J.W. et Santosh, M. (2002). Configuration of Columbia, a Mesoproterozoic Supercontinent. *Gondwana Research*, 5, 5-22.

- Rohon, M.L., Vialette, Y., Clark, T., Roger, G., Ohnenstetter, D. et Vidal, P. (1993). Aphebian mafic-ultramafic magmatism in the Labrador Trough (New Quebec): its age and the nature of its mantle source. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 30 (8), 1582-1593.
- Roubault, M., Fabries, J., Touret, J et Weisbrod, A. (1963). Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant. Éditions Lamarre-Poinat, Paris. 378 p.
- Ryan, B. (1990). Basement-cover relationships and metamorphic patterns in the foreland of the Torngat Orogen in the Saglek-Hebron area, Labrador. *Geoscience Canada*, 17, 276-279.
- Ryan, B., Krogh, T.E., Heaman, L., Schärer, U., Philippe, S. et Oliver, G. (1991). On recent geochronological studies in the Nain Province, Churchill Province and Nain Plutonic Suite, north-central Labrador. En : Current research. Geological Survey, Newfoundland Department of Mines and Energy, Report 91-1, 257-261.
- Savard, D., Barnes, S.-J. et Meisel, T. (2010). Comparison between nickel-sulfur fire assay Te Co-precipitation and isotope dilution with high-pressure asher acid digestion for the determination of platinum-group elements, rhenium and gold. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 34 (3), 281-291.
- Schmidt, G., Witt-Eickschen, G., Palme, H., Seck, H., Spettel, B. et Kratz, K.L. (2003). Highly siderophile elements (PGE, Re and Au) in mantle xenoliths from the West Eifel volcanic field (Germany). *Chemical Geology*, 196 (1), 77-105.
- Scott, D.J. (1997). Geology, U-Pb, and Pb-Pb geochronology of the Lake Harbour area, southern Baffin Island: Implications for the Paleoproterozoic tectonic evolution of northeastern Laurentia, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 34, 140-155.
- Scott, D.J. (1998). An overview of the U-Pb geochronology of the Paleoproterozoic Torngat Orogen, northeastern Canada. *Precambrian Research*, 91, 91-107.
- Scott, D.J. et Gauthier, G. (1996). Comparison of TIMS (U-Pb) and laser ablation microprobe ICP-MS (Pb) techniques for age determination of detrital zircons from Paleoproterozoic metasedimentary rocks from northeastern Laurentia, Canada, with tectonic implications. *Chemical Geology*, 131, 127-142.
- Shervais, J. W., Taylor, L. A. et Laul, J. C. (1983). Ancient Crustal Components in the Fra Mauro Breccias. Implications for igneous processes: Proc. Lunar Planetary Sci. Conf. 14th, *Journal of Geophysical Research*, Supl., 88 Supl., B177-B192.
- Sillitoe, R.H. (1973). Environments of formation of volcanogenic massive sulfide deposits. *Economic Geology*, 68 (8), 1321-1325.
- Simard, M., Lafrance, I., Hammouche, H. Et Legouix, C. (2013). Géologie de la région de Kuujuaq et de la baie d'Ungava (SNRC 24J et 24K). Ministère des Ressources naturelles, Québec; RG 2013-04, 60 p.
- Skulski, T., Wares, R.P. et Smith, A.D. (1993). Early Proterozoic (1.88–1.87 Ga) tholeiitic magmatism in the New Quebec orogen. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 30, 1505-1520.

- Sloss, L.L. (1963). Sequences in the cratonic interior of North America. *Geological Society of America Bulletin*, 74 (2), 93-114.
- Sobolev, A.V., Hofmann, A.W., Sobolev, S.V. et Nikogosian, I.K. (2005). An olivine-free mantle source of Hawaiian shield basalts. *Nature*, 434 (7033), 590.
- Spear, F.S. (1993). *Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature-Time Paths*. Mineralogical Society of America. Monograph. 799 p.
- Stevens, R.E. (1944). Composition of some chromites of the western hemisphere. *American Mineralogist*, 29, 1-34.
- Streckeisen, A. (1973). Plutonic Rocks. Classification and nomenclature recommended by the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. *Geotimes*, 18 (10), 26-30.
- Streckeisen, A. (1976). To each plutonic rock its proper name. *Earth Science Reviews. International Magazine for Geo-Scientists*. Amsterdam, 12, 1-33.
- St-Onge, M.R., Lucas, S.B., Scott, D.J. et Bégin, N.J. (1987). Tectonostratigraphy and structure of the lac Watts-lac Cross-rivière. Deception area, central Cape Smith Belt, northern Quebec. *Current Research, Geological Survey of Canada, Paper 87*, 619-632.
- St-Onge, M.R., Scott, D.J., Wodicka, N. et Lucas, S.B. 1998. Crustal architecture of the Trans-Hudson Orogen in northern Quebec and southern Baffin Island: plate margin configuration between 2.04–1.76 Ga. En : *Eastern Canadian Shield Onshore–Offshore Transect (ECSOOT)*, Report of the 1998 Transect Meeting. Wardle, R.J. et J. Hall., J. (Éds.). The University of British Columbia, Lithoprobe Secretariat, Report 68, 151-166.
- Sun, S.-S. et McDonough, W.F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. En: *Magmatism in the Ocean Basins*. Saunders, A. et Norry, M. (Éds.). Geological Society (London). Special Publication, 42, 313-345.
- Takahashi, E. (1986). Origin of basaltic magmas – implications from peridotite melting experiments and an olivine fractionation model *Bulletin of Volcanological Society of Japan*, 30, 17-40 (en japonais, avec résumé en anglais).
- Tarkian, M. et Prichard, H.M. (1987). Irarsite-hollingworthite solid-solution series and other associated Ru-, Os-, Ir-, and Rh-bearing PGM's from the Shetland ophiolite complex. *Mineralium Deposita*, 22 (3), 178-184.
- Taylor, F.C. (1979). Reconnaissance geology of a part of the Precambrian Shield, northeastern Quebec, northern Labrador and Northwest Territories. *Geological Survey of Canada; Memoire 393*, 99 p., 19 maps.
- Vance, J.A. et Dungan, M.A. (1977). Formation of peridotites by deserpentinization in the Darrington and Sultan areas, Cascade Mountains, Washington. *Geological Society of America Bulletin*, 88 (10), 1497-1508.

- Van Kranendonk, M.J. (1996). Tectonic evolution of the Paleoproterozoic Torngat Orogen: evidence from pressure–temperature–time–deformation paths in the North River map area, Labrador. *Tectonics*, 15, 843-869.
- Van Kranendonk, M.J. et Ermanovics, I. (1990). Structural evolution of the Hudsonian Torngat Orogen in the North River map area, Labrador: Evidence for east-west transpressive collision of Nain and Rea continental blocks. *Geoscience Canada*, 17 (4), 283-288.
- Verpaelst, P., Brisebois, D., Perreault, S., Sharma, K.N.M. et David, J. (2000). Géologie de la région de la rivière Koroc et d'une partie de la région de Hébron (24I et 14L). Ministère des Ressources naturelles, Québec; RG 99-08, 62 p, 10 plans.
- Wardle, R.J. (1983). Nain-Churchill Province cross-section, Nachwack Flord, northern Labrador. En : *Current Research, Newfoundland Department of Mines and Energy, Mineral Development Division; Paper 83-1*, 68-89.
- Wardle, R.J., Ryan, B., Nunn, G.A.G. et Mengel, F.C. (1990). Labrador segment of the Trans-Hudson Orogen: crustal development through oblique convergence and collision. En : *The Early Proterozoic Trans-Hudson Orogen of North America*. Lewry, J.F. et Stauffer, M.R. (Éds.). Geological Association of Canada, Special Paper 37, 353-369.
- Wardle, R.J., James, D.T., Scott, D.J. et Hall, J. (2002). The southeastern Churchill Province: synthesis of a Paleoproterozoic transpressional orogen. *Canadian Journal of Earth Sciences* 39, 639-663.
- Warren, P.H., Taylor, G.J. et Keil, K. (1983). Regolith breccia Allan Hills A81005: Evidence of lunar origin, and petrography of pristine and nonpristine clasts. *Geophysical Research Letters*, 10 (9), 779-782.
- Winter, J.D. (2001). *An introduction to igneous and metamorphic petrology*. Prentice Hall. 698 p.
- Wood, D.A. (1980). The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary Volcanic Province. *Earth and planetary science letters*, 50 (1), 11-30.
- Wood, S.A. (2002) The aqueous geochemistry of the platinum-group elements with applications to ore deposits. En : *The geology, mineralogy and mineral beneficiation of platinum-group elements*. Cabri, L.J. (Ed.). Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Special Volume 54, 211-249.
- Workman, R.K. et Hart, S.R. (2005). Major and trace element composition of the depleted MORB mantle (DMM). *Earth and Planetary Science Letters*, 231 (1), 53-72.



## **ANNEXES**





# **ANNEXE 1 : LES ÉCHANTILLONS RÉCOLTÉS**

Annexe 1A : Campagne de terrain 2014

Annexe 1B : Campagne de terrain 2013



## Annexe 1A – Échantillons de la campagne de terrain 2014

AFFLEUREMENT					LITHOLOGIE					ÉCHANTILLONS		ANALYSES	
N° affleurement	SIGEOM (RP-xxxx-14)	SNRC	Estant	Nordant	Ident.	Corps	%	Nom terrain	Nom géochimie	Lame mince	Temoin	N° SGDAC	Économique
RPP-01-14	7501	24H10	405533	6398105	A	Lithologie	90	Lherzolite	Lherzolite à Sp-Pl	X	X	60582	
					B	Lithologie	10	Métasédiment (paragneiss)	Métasédiment (paragneiss)	X	X	60583	
RPP-02-14	7502	24H10	405508	6398047	A	Lithologie	90	Intrusif ultramafique					
					B	Lithologie	10	Gabbro			X		
RPP-03-14	7503	24H10	405485	6397997	A1	Lithologie	30	Tectonite			X	60737	X
					A2	Lithologie		Tectonite			X	60738	X
					B	Lithologie	20	Intrusif ultramafique	Non déterminé	X	X	60771	
					C	Lithologie	50	Intrusif ultramafique	Non déterminé	X	X	60772	
RPP-04-14	7504	24H10	405490	6398027	A	Lithologie	40	Harzburgite					
					B	Lithologie	30	Harzburgite	Harzburgite à Sp-Pl-Cpx	X	X	60757	
					C	Lithologie	30	Lherzolite					
RPP-05-14	7505	24H10	405581	6398106	A	Lithologie	100	Intrusif ultramafique					
RPP-06-14	7506	24H10	405486	6398112	A	Lithologie	100	Gabbro			X		
RPP-07-14	7507	24H10	406028	6398475	A	Lithologie	88	Granite gneissique			X		
					B	Lithologie	10	Métasédiment (paragneiss)			X		
					C	Lithologie	2	Schiste			X		
RPP-08-14	7508	24H10	406021	6398312	A	Lithologie	100	Métasédiment (paragneiss)			X		
RPP-09-14	7509	24H10	405872	6398126	A	Lithologie	50	Lherzolite	Lherzolite à Sp-Pl	X	X	60770	
					B	Lithologie	50	Harzburgite	Harzburgite à Sp-Pl-Cpx	X	X	60769	
RPP-10-14	7510	24H10	405866	6398108	A	Lithologie	100	Harzburgite			X		
RPP-11-14	7511	24H10	405851	6398096	A	Lithologie	100	Harzburgite					
RPP-12-14	7512	24H10	405816	6398091	A	Lithologie	100	Contact Gabbro / Intrusif ultramafique					
RPP-13-14	7513	24H10	405990	6398350	A	Lithologie	100	Métasédiment (paragneiss)			X	60739	X
RPP-14-14	7514	24H10	402145	6398858	A	Lithologie	95	Métasédiment (paragneiss)					
					B	Lithologie	5	Métasédiment (quartzite)					
RPP-15-14	7515	24H10	401901	6398466	A	Lithologie	100	Intrusif ultramafique					
RPP-16-14	7516	24H10	401869	6398470		Lithologie		Contact Gabbro / Intrusif ultramafique					
RPP-17-14	7517	24H10	401561	6397961	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine					
RPP-18-14	7518	24H15	396563	6411085	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine	Webstérite à Olivine, Pl-Sp	X	X	60760	
RPP-19-14	7519	24H15	396514	6411064	A	Lithologie	100	Gneiss					
RPP-20-14	7520	24H15	396532	6411063	A	Lithologie	98	Métasédiment (paragneiss)	Métasédiment (paragneiss)	X	X	60762	
					B	Veine	2	Quartz					
RPP-21-14	7521	24H15	396554	6411066	A	Lithologie		Gabbro	Norite	X	X	60764	
RPP-22-14	7522	24H15	400220	6407500	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine			X		
RPP-23-14	7523	24H15	400136	6407478	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine			X		
RPP-24-14	7524	24H15	400239	6407498	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine	Webstérite à Olivine, Pl-Sp	X	X	60767	
RPP-25-14	7525	24H15	400294	6407549	A	Lithologie	100	Gabbro			X		

## Annexe 1A – Échantillons de la campagne de terrain 2014

AFFLEUREMENT					LITHOLOGIE					ÉCHANTILLONS		ANALYSES	
N° affleurement	SIGEOM (RP-xxxx-14)	SNRC	Estant	Nordant	Ident.	Corps	%	Nom terrain	Nom géochimie	Lame mince	Temoin	N° SGDAC	Économique
RPP-26-14	7526	24H15	401466	6407669	A	Lithologie	97	Amphibolite basaltique	Amphibolite basaltique	X	X	60768	
					B	Veine	3	Quartz			X		
RPP-27-14	7527	24H15	407073	6402610	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine	Webstérite à Olivine, Pl-Sp	X	X	60773	
RPP-28-14	7528	24H15	407047	6402637	A	Lithologie	100	Amphibolite			X	60740	X
RPP-29-14	7529	24H15	407056	6402610	A	Lithologie	100	Gabbro			X		
RPP-30-14	7530	24H15	407054	6402608	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine			X		
RPP-31-14	7531	24H10	405926	6398486	A	Lithologie	100	Métasédiment (paragneiss)					
					A	Lithologie	50	Métasédiment (paragneiss)					
RPP-32-14	7532	24H10	405885	6398489	B	Lithologie	50	Gabbro					
RPP-33-14	7533	24H10	405907	6398498	A	Lithologie	100	Gabbro					
RPP-34-14	7534	24H10	405916	6398498	A	Lithologie	100	Gabbro			X		
					A	Lithologie	90	Métasédiment (paragneiss)					
RPP-35-14	7535	24H10	405919	6398475	B	Lithologie	10	Gabbro					
RPP-36-14	7536	24H10	405903	6398475	A	Lithologie	100	Gabbro					
RPP-37-14	7537	24H10	405909	6398473	A	Lithologie	100	Gabbro					
RPP-38-14	7538	24H10	405904	6398460	A	Lithologie	100	Gabbro					
RPP-39-14	7539	24H10	405908	6398452	A	Lithologie	100	Métasédiment (paragneiss)					
RPP-40-14	7540	24H10	405909	6398444	A	Lithologie	100	Métasédiment (paragneiss)					
RPP-41-14	7541	24H10	405873	6398418	A	Lithologie	100	Harzburgite	Harzburgite à Sp-Pl-Cpx	X	X	60776	
RPP-42-14	7542	24H10	405882	6398376	A	Lithologie	100	Harzburgite					
RPP-43-14	7543	24H10	405774	6398434	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine	Webstérite à Olivine, Pl-Sp	X	X	60774	
RPP-44-14	7544	24H10	405712	6398407	A	Lithologie	100	Intrusif ultramafique			X		
RPP-45-14	7545	24H10	405675	6398398	A	Lithologie	100	Intrusif ultramafique					
RPP-46-14	7546	24H10	405682	6398354	A	Lithologie	100	Intrusif ultramafique					
RPP-47-14	7547	24H10	405703	6398390	A	Lithologie	100	Intrusif ultramafique					
RPP-48-14	7548	24H10	405530	6398070	A	Lithologie	100	Gabbro					
RPP-48B-14	7549	24H10	405536	6398061	A	Lithologie	100	Gabbro					
RPP-49-14	7550	24H10	405486	6398013	A	Lithologie	100	Intrusif ultramafique					
RPP-50-14	7551	24H10	405498	6398026	A	Lithologie	100	Gabbro	Norite		X	60741	X
RPP-51-14	7552	24H10	495497	6397999	A	Lithologie	100	Harzburgite			X	60755	
RPP-52-14	7553	24H10	405522	6398029	A	Minéral	100	Orthopyroxène			X		
RPP-53-14	7554	24H10	405512	6398038	A	Lithologie	100	Intrusif ultramafique					
RPP-54-14	7555	24H10	405602	6398099	A	Lithologie	100	Lherzolite					
RPP-55-14	7556	24H10	405565	6397522	A	Lithologie	100	Harzburgite	Harzburgite à Sp-Pl-Cpx	X	X	60589	
RPP-56-14	7557	24H10	405564	6397565	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine	Webstérite à Olivine, Pl-Sp	X	X	60590	
RPP-57-14	7558	24H10	405589	6397565	A	Lithologie	100	Lherzolite					
RPP-58-14	7559	24H10	405583	6397599	A	Lithologie	100	Lherzolite	Lherzolite à Sp-Pl	X	X	60588	

## Annexe 1A – Échantillons de la campagne de terrain 2014

AFFLEUREMENT					LITHOLOGIE					ÉCHANTILLONS		ANALYSES	
N° affleurement	SIGEOM (RP-xxxx-14)	SNRC	Estant	Nordant	Ident.	Corps	%	Nom terrain	Nom géochimie	Lame mince	Temoin	N° SGDAC	Économique
RPP-59-14	7560	24H10	405784	6398007	A	Lithologie	50	Harzburgite			X	60742	X
					B	Lithologie	30	Harzburgite	Harzburgite à Sp-Pl-Cpx	X	X	60777	
					C	Lithologie	20	Harzburgite	Harzburgite à Sp-Pl-Cpx	X	X	60593	
								Harzburgite	Harzburgite à Sp-Pl-Cpx	X	X	60756	
RPP-60-14	7561	24H10	405791	6398016	A	Lithologie	99	Lherzolite			X		
					B	Veine	1	Serpentine					
RPP-61-14	7562	24H10	405778	6397987	A	Lithologie	100	Lherzolite			X		
RPP-62-14	7563	24H10	405804	6398060	A	Dyke	80	Gabbro	Norite	X	X	60754	
					B	Dyke	20	Gabbro			X		
RPP-63-14	7564	24H10	405810	6398085	A	Dyke	1	Gabbro	Gabbro	X	X	60753	
					B	Dyke	1	Gabbro			X		
					C	Lithologie	98	Lherzolite	Lherzolite à Sp-Pl	X	X	60597	
RPP-64-14	7565	24H10	405820	6398086	A	Lithologie	100	Lherzolite			X		
RPP-65-14	7566	24H10	405830	6398084	A	Lithologie	98	Lherzolite			X		
					B	Lithologie	2	Intrusif ultramafique					
RPP-66-14	7567	24H10	405846	6398082	A	Lithologie	100	Lherzolite	Lherzolite à Sp-Pl	X	X	60592	
RPP-67-14	7568	24H10	405862	6398063	A	Lithologie	100	Lherzolite			X		
RPP-68-14	7569	24H10	405869	6398061	A	Lithologie	100	Harzburgite	Harzburgite à Sp-Pl-Cpx	X	X	60591	
RPP-69-14	7570	24H10	405859	6398059	A	Lithologie	100	Lherzolite			X		
RPP-70-14	7571	24H10	404103	6395402	A	Lithologie	100	Métasédiment (paragneiss)			X		
RPP-71-14	7572	24H10	404124	6395410	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine			X		
RPP-72-14	7573	24H10	404169	6395402	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine			X		
RPP-73-14	7574	24H10	405912	6398082	A	Lithologie	100	Lherzolite	Lherzolite à Sp-Pl	X	X	60758	
RPP-74-14	7575	24H10	405897	6398090	A	Lithologie	100	Lherzolite	Lherzolite à Sp-Pl	X	X	60761	
RPP-75-14	7576	24H10	405890	6398098	A	Lithologie	95	Lherzolite			X		
RPP-76-14	7577	24H10	405874	6398097	A	Lithologie	100	Harzburgite			X		
RPP-77-14	7578	24H10	405855	6398110	A	Lithologie	100	Harzburgite	Harzburgite à Sp-Pl-Cpx	X	X	60759	
RPP-78-14	7579	24H10	405841	6398124	A	Lithologie	100	Lherzolite	Lherzolite à Sp-Pl	X	X	60765	
RPP-79-14	7580	24H10	405839	6398128	A	Lithologie	100	Lherzolite			X		
RPP-80-14	7581	24H10	405836	6398190	A	Lithologie	100	Webstérite	Webstérite à Pl	X	X	60763	
RPP-81-14	7582	24H10	405859	6398172	A	Lithologie	100	Lherzolite	Lherzolite à Sp-Pl	X	X	60766	
RPP-82-14	7583	24H10	404373	6395626	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine			X		
RPP-83-14	7584	24H10	404385	6395644	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine			X		
RPP-84-14	7585	24H10	404343	6395654	A	Lithologie	90	Métasédiment (paragneiss)					
					B	Niveau	10	Métasédiment (quartzite)					
RPP-85-14	7586	24H10	404383	6395670	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine					
RPP-86-14	7587	24H10	404430	6395647	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine			X		
RPP-87-14	7588	24H10	404443	6395621	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine	Webstérite à Olivine, Pl-Sp	X	X	60584	
RPP-88-14	7589	24H10	404467	6395621	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine			X		

## Annexe 1A – Échantillons de la campagne de terrain 2014

AFFLEUREMENT					LITHOLOGIE					ÉCHANTILLONS		ANALYSES	
N° affleurement	SIGEOM (RP-xxxx-14)	SNRC	Estant	Nordant	Ident.	Corps	%	Nom terrain	Nom géochimie	Lame mince	Temoin	N° SGDAC	Économique
RPP-89-14	7590	24H10	404444	6395609	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine					
RPP-90-14	7591	24H10	404464	6395578	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine					
RPP-91-14	7592	24H10	404517	6395596	A	Lithologie	50	Métasédiment (paragneiss)					
					B	Lithologie	50	Métasédiment (quartzite)	Métasédiment (quartzite)	X	X	60587	
RPP-92-14	7593	24H10	404452	6395504	A	Lithologie	100	Métasédiment (paragneiss)					
RPP-93-14	7594	24H10	404466	6395544	A	Lithologie	50	Métasédiment (paragneiss)					
					B	Lithologie	50	Métasédiment (quartzite)					
RPP-94-14	7595	24H10	404402	6395528	A	Lithologie	70	Métasédiment (paragneiss)					
					B	Lithologie	30	Métasédiment (quartzite)					
RPP-95-14	7596	24H10	404391	6395509	A	Lithologie	100	Métasédiment (paragneiss)					
RPP-96-14	7597	24H10	404386	6395491	A	Lithologie	100	Amphibolite basaltique			X		
RPP-97-14	7598	24H10	404380	6395492	A	Lithologie	100	Métasédiment (paragneiss)					
RPP-98-14	7599	24H10	404356	6395466	A	Lithologie	100	Métasédiment (paragneiss)					
RPP-99-14	7600	24H10	404344	6395374	A	Lithologie	100	Métasédiment (paragneiss)					
RPP-100-14	7601	24H10	404326	6395353	A	Lithologie	100	Gabbro	Gabbro	X	X	60598	
RPP-101-14	7602	24H10	404355	6395329	A	Lithologie	100	Métasédiment (paragneiss)					
RPP-102-14	7603	24H10	404343	6395308	A	Lithologie	100	Métasédiment (paragneiss)	Métasédiment (paragneiss)	X	X	60599	
RPP-103-14	7604	24H10	404326	6395290	A	Lithologie	100	Métasédiment (paragneiss)					
RPP-104-14	7605	24H10	404261	6395319	A	Lithologie	100	Intrusif mafique			X		
RPP-105-14	7606	24H10	404174	6395350	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine			X		
RPP-106-14	7607	24H10	404187	6395380	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine	Webstérite à Olivine, Pl-Sp	X	X	60586	
RPP-107-14	7608	24H10	404188	6395396	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine			X		
RPP-108-14	7609	24H10	404135	6395376	A	Lithologie	100	Amphibolite	Norite à Ol / Troctolite à Opx	X	X	60585	
RPP-109-14	7610	24H10	404105	6395333	A	Lithologie	100	Amphibolite			X		
RPP-110-14	7611	24H10	404076	6395294	A	Lithologie	100	Amphibolite	Norite à Ol / Troctolite à Opx	X	X	60596	
RPP-111-14	7612	24H10	404045	6395303	A	Lithologie	100	Gabbro	Gabbro	X	X	60595	
RPP-112-14	7613	24H10	404046	6395321	A	Lithologie	100	Intrusif mafique			X		
RPP-113-14	7614	24H10	404061	6395323	A	Lithologie	100	Intrusif mafique					
RPP-114-14	7615	24H10	404059	6395333	A	Lithologie	100	Métasédiment (paragneiss)					
RPP-115-14	7616	24H10	404068	6395358	A	Lithologie	100	Métasédiment (paragneiss)					
RPP-116-14	7617	24H10	404063	6395352	A	Lithologie	100	Métasédiment (paragneiss)					
RPP-117-14	7618	24H10	404050	6395360	A	Lithologie	100	Métasédiment (paragneiss)					
RPP-118-14	7619	24H10	404072	6395370	B	Lithologie	5	Métasédiment (quartzite)					
RPP-119-14	7620	24H10	405620	6398138	A	Lithologie	100	Intrusif ultramafique					
RPP-120-14	7621	24H10	401314	6397809	A	Lithologie	95	Webstérite à Olivine	Webstérite à Olivine, Pl-Sp	X	X	60570	
					B	Dyke	5	Webstérite à Olivine tardive	Norite à Ol(-Sp) / Troctolite à Opx(-Sp)	X	X		



## Annexe 1A – Échantillons de la campagne de terrain 2014

AFFLEUREMENT					LITHOLOGIE					ÉCHANTILLONS		ANALYSES	
N° affleurement	SIGEOM (RP-xxxx-14)	SNRC	Estant	Nordant	Ident.	Corps	%	Nom terrain	Nom géochimie	Lame mince	Temoin	N° SGDAC	Économique
RPP-121-14	7622	24H10	401255	6397676	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine	Webstérite à Olivine, Pl-Sp	X	X	60594	
RPP-122-14	7623	24H10	401362	6397852	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine	Webstérite à Olivine, Pl-Sp	X	X	60778	
RPP-123-14	7624	24H10	401345	6397814	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine					
RPP-124-14	7625	24H10	401351	6397816	A	Lithologie	35	Webstérite à Olivine tardive	Norite à Ol(-Sp) / Troctolite à Opx(-Sp)	X	X	60572	
					B	Lithologie	65	Webstérite à Olivine tardive	Norite à Ol(-Sp) / Troctolite à Opx(-Sp)	X	X	60571	
RPP-125-14	7626	24H10	401351	6397799	A	Lithologie	30	Webstérite à Olivine tardive			X		
					B	Lithologie	70	Webstérite à Olivine					
RPP-126-14	7627	24H10	401482	6397922	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine tardive	Norite à Ol(-Sp) / Troctolite à Opx(-Sp)	X	X	60574	
RPP-127-14	7628	24H10	401575	6397943	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine	Webstérite à Olivine, Pl-Sp	X	X	60573	
RPP-128-14	7629	24H10	401530	6397875	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine	Webstérite à Olivine, Pl-Sp	X	X	60576	
RPP-129-14	7630	24H10	401385	6397936	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine	Webstérite à Olivine, Pl-Sp	X	X	60577	
RPP-130-14	7631	24H10	401407	6397939	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine			X		
RPP-131-14	7632	24H10	401488	6398006	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine			X		
RPP-132-14	7633	24H10	401410	6397995	A	Lithologie	100	Webstérite à Olivine					
RPP-133-14	7634	24H10	401437	6398001	A	Lithologie	100	Intrusif ultramafique			X		
RPP-134-14	7635	24H10	401619	6398087	A	Lithologie	100	Amphibolite			X		
RPP-135-14	7636	24H10	401738	6398087	A1	Lithologie	30	Métasédiment (paragneiss)			X	60720	X
					A2						X	60721	X
					B	Lithologie	70	Gneiss					
RPP-136-14	7637	24H10	403800	6393929	A	Lithologie	100	Métasédiment (quartzite)					
					B	Niveau	2	Intrusif mafique					
RPP-137-14	7638	24H10	403831	6393931	A	Lithologie	100	Métasédiment					
RPP-138-14	7639	24H10	403872	6393903	A1	Lithologie	100	Métasédiment (paragneiss)			X	60723	X
					A2	Lithologie	100	Métasédiment (paragneiss)			X	60724	X
RPP-139-14	7640	24H10	403583	6393046	A	Lithologie	100	Métasédiment (quartzite)					
RPP-140-14	7641	24H10	401869	6395204	A	Lithologie	100	Gneiss					
RPP-141-14	7642	24H10	400428	6392488	A	Lithologie	100	Gneiss					
RPP-142-14	7643	24H10	404367	6395612	A	Lithologie	100	Intrusif ultramafique					
RPP-143-14	7644	24H10	404519	6395824	A	Lithologie	100	Métasédiment (quartzite)	Métasédiment (quartzite)	X	X	60578	
RPP-144-14	7645	24H10	405475	6397995	A	Lithologie	50	Lherzolite					
					B	Lithologie	50	Webstérite à Olivine					
RPP-145-14	7646	24H10	402396	6401207	A	Lithologie	100	Lherzolite	Lherzolite à Sp-Pl	X	X	60581	
RPP-146-14	7647	24H10	402367	6401164	A	Lithologie	100	Lherzolite	Lherzolite à Sp-Pl	X	X	60580	
RPP-147-14	7648	24H10	402310	6401095	A	Lithologie	100	Harzburgite	Harzburgite à Sp-Pl-Cpx	X	X	60579	
RPP-148-14	7649	24H10	402281	6400474	A	Lithologie	100	Intrusif ultramafique					

## Annexe 1A – Échantillons de la campagne de terrain 2014

AFFLEUREMENT					LITHOLOGIE					ÉCHANTILLONS		ANALYSES	
N° affleurement	SIGEOM (RP-xxxx-14)	SNRC	Estant	Nordant	Ident.	Corps	%	Nom terrain	Nom géochimie	Lame mince	Temoin	N° SGDAC	Économique
RPP-149-14	7650	24H10	402442	6399139	A	Lithologie	100	Intrusif ultramafique					
RPP-150-14	7651	24H10	403146	6398451	A	Lithologie	100	Intrusif mafique					
RPP-151-14	7652	24H10	401265	6398256	A	Lithologie	75	Webstérite à Olivine					
					B	Niveau	5	Webstérite à Olivine tardive			X		
					C	Lithologie	20	Gabbro					

### Abréviations :

Sp = spinelle

Pl = plagioclase

Cpx = clinopyroxène

Opx = orthopyroxène

Ol = olivine

## Annexe 1B – Échantillons de la campagne de terrain 2013

AFFLEUREMENT					LITHOLOGIE					ÉCHANTILLONS		ANALYSES	
N° affleurement	SIGÉOM	SNRC	Estant	Nordant	Ident.	Corps	%	Nom terrain	Nom géochimie	Lame mince	Temoin	N° SGDAC	Économique
MP-157-A-13	MP-157-A-13	24H10	405853	6398053	A	Lithologie	100	Péridotite faciès cumulats (base 1)	Harzburgite à Sp-Pl-Cpx	X	X	55767	
IL-3135-A-13	IL-3135-A-13	24H10	401095	6397054	A	Lithologie	100	Péridotite	Non déterminé	X	X	55768	
IL-3139-A-13	IL-3139-A-13	24H10	403330	6399137	A	Lithologie	100	Péridotite	Norite à Ol / Troctolite à Opx	X	X	55771	
IL-3143-A-13	IL-3143-A-13	24H15	407087	6402618	A	Lithologie	100	Péridotite	Webstérite à Olivine, Pl- Sp	X	X	55581	
DB-1128-A-13	DB-1128-A-13	24H10	405823	6398076	A	Lithologie	45	Péridotite faciès cumulats (base 2)	Lherzolite à Sp-Pl	X	X	55578	
DB-1128-B-13	DB-1128-B-13	24H10	405823	6398076	B	Lithologie	40	Pyroxénite	Lherzolite à Sp-Pl	X	X	55580	
DB-1128-C-13	DB-1128-C-13	24H10	405823	6398076	C	Lithologie	10	Gabbro mélanocrate	Norite	X	X	55577	
DB-1128-D-13	DB-1128-D-13	24H10	405823	6398076	D	Lithologie	5	Péridotite faciès cumulats (base 2)	Harzburgite à Sp-Pl-Cpx	X	X	55579	
IL-3105-A-13	IL-3105-A-13	24H05	368522	6368461	A	Lithologie	100	Amphibolite basaltique	Amphibolite basaltique	X	X	55586	
SB-4117-A-13	SB-4117-A-13	24H10	399635	6399765	A	Lithologie	100	Amphibolite basaltique	Amphibolite basaltique	X	X	55587	
CB-5074-A-13	CB-5074-A-13	24H15	400720	6407601	A	Lithologie	100	Amphibolite basaltique	Amphibolite basaltique	X	X	55860	
BC-6148-A-13	BC-6148-A-13	24H15	401331	6408774	A	Lithologie	100	Amphibolite basaltique	Amphibolite basaltique	X	X	55858	
JC-8048-A-13	JC-8048-A-13	24H05	372004	6360273	A	Lithologie	100	Amphibolite basaltique	Amphibolite basaltique	X	X	55629	



## **ANNEXE 2 : LES ANALYSES GÉOCHIMIQUES SUR ROCHE TOTALE**

Annexe 2A : Analyses des éléments majeurs, minéraux et traces sur la roche totale  
(normalisées)

Annexe 2B : Analyses des ÉGP sur la roche totale (LabMaTer)



## Annexe 2A – Analyses des éléments majeurs, mineurs et traces sur la roche totale

Éléments majeurs et mineurs (\* Contamination, \*\* LabMaTer)

N° SGDAC	Échantillon	Lithologie terrain	Annexe 4	SiO <sub>2</sub> (wt%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (wt%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (T) (wt%)	MgO (wt%)	MnO (wt%)	CaO (wt%)	Na <sub>2</sub> O (wt%)	K <sub>2</sub> O (wt%)	TiO <sub>2</sub> (wt%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (wt%)	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (wt%)	LOI (wt%)	Total
Limites de détection				0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,01	0,01	0,01	0,001	0,01	0,01		
60757	RPP-04-14	Harzburgite	H3	45,63	3,88	10,85	38,26	0,14	0,33	0,02	0,01	0,16	0,02	0,69	12,58	100
60769	RPP-09B-14	Harzburgite	H1	43,97	3,01	10,25	40,97	0,12	0,84	0,01	< 0,01	0,17	0,02	0,64	11,83	100
60776	RPP-41-14	Harzburgite	G	41,11	4,16	13,00	40,68	0,12	0,07	< 0,01	< 0,01	0,20	< 0,01	0,66	12,85	100
60755	RPP-51-14	Harzburgite	H3	49,06	3,68	9,90	35,79	0,14	0,68	0,04	0,01	0,11	0,01	0,58	8,67	100
60589	RPP-55-14	Harzburgite	I	44,68	4,29	10,99	38,26	0,12	0,92	< 0,01	< 0,01	0,24	< 0,01	0,48	11,19	100
60777	RPP-59-1-14	Harzburgite	H2	45,81	3,41	12,10	37,07	0,14	0,34	< 0,01	< 0,01	0,18	0,02	0,93	8,99	100
60593	RPP-59-3-14	Harzburgite	H2	44,53	3,48	12,02	38,05	0,13	0,17	< 0,01	< 0,01	0,18	< 0,01	1,45	11,36	100
60756	RPP-59-4-14	Harzburgite	H2	46,67	3,37	11,53	36,48	0,15	0,16	< 0,01	< 0,01	0,16	0,01	1,47	8,93	100
60591	RPP-68-14	Harzburgite	H1	45,27	2,70	10,68	40,30	0,13	0,21	0,01	0,01	0,16	< 0,01	0,54	14,14	100
60759	RPP-77-14	Harzburgite	H1	43,38	3,83	11,12	40,34	0,13	0,29	< 0,01	< 0,01	0,22	0,03	0,67	10,46	100
55767	MP-157-A-13	Harzburgite	H1	46,32	2,70	8,81	40,39	0,14	0,86	0,02	0,00	0,14	0,03	0,59	13,13	100
55579	DB-1128-D-13	Harzburgite	H1	45,80	4,37	10,95	37,58	0,12	0,26	0,01	0,00	0,18	0,00	0,73	9,98	100
60579	RPP-147-14	Harzburgite	E	42,62	4,23	12,32	39,09	0,16	0,37	0,02	0,01	0,22	0,01	0,96	10,93	100
60582	RPP-01A-14	Lherzolite	H3	48,10	4,64	12,30	31,82	0,15	1,96	0,15	0,02	0,31	< 0,01	0,54	6,95	100
60770	RPP-09A-14	Lherzolite	H1	43,74	4,66	11,16	37,56	0,18	1,74	0,04	0,01	0,32	0,04	0,55	12,9	100
60588	RPP-58-14	Lherzolite	I	45,44	4,80	12,56	34,52	0,18	1,41	0,03	0,01	0,34	0,02	0,69	7,65	100
60597	RPP-63C-14	Lherzolite	H1	41,76	6,07	15,45	32,30	0,16	3,11	0,07	0,02	0,30	0,03	0,71	10,67	100
60592	RPP-66-14	Lherzolite	H1	50,79	5,64	7,87	27,65	0,12	7,08	0,08	0,03	0,19	< 0,01	0,54	5,24	100
60758	RPP-73-14	Lherzolite	H1	43,88	6,26	11,91	31,35	0,16	5,47	0,04	0,02	0,40	0,02	0,48	9,05	100
60761	RPP-74-14	Lherzolite	H1	45,50	3,87	9,93	37,52	0,14	2,19	0,02	< 0,01	0,21	0,01	0,61	12,28	100
60765	RPP-78-14	Lherzolite	H1	45,12	5,14	10,99	34,31	0,14	3,28	0,03	< 0,01	0,31	0,03	0,64	11,15	100
60766	RPP-81-14	Lherzolite	H1	43,82	4,23	10,87	37,13	0,14	2,94	0,02	< 0,01	0,25	0,02	0,57	11,85	100
60581	RPP-145-14	Lherzolite	E	48,02	5,07	10,53	31,65	0,15	3,36	0,20	0,03	0,38	0,02	0,60	6,37	100
60580	RPP-146-14	Lherzolite	E	45,56	5,79	11,35	32,29	0,15	3,77	0,11	0,03	0,38	0,02	0,56	9,16	100
55578	DB-1128-A-13	Lherzolite	H1	45,43	4,53	12,05	34,71	0,15	2,02	0,11	0,02	0,23	0,02	0,72	10,22	100
55580	DB-1128-B-13	Lherzolite	H1	43,97	4,49	13,17	34,11	0,15	3,18	0,03	0,00	0,26	0,02	0,62	11,02	100
60763	RPP-80-14	Webstérite	H1	54,34	4,62	7,18	28,74	0,11	4,15	0,14	0,03	0,28	0,01	0,40	3,91	100
60760	RPP-18-14	Webstérite à Olivine	A	47,67	7,45	11,74	24,21	0,16	7,48	0,38	0,07	0,42	0,01	0,40	5,08	100
60767	RPP-24-14	Webstérite à Olivine	B	44,16	5,47	15,06	29,45	0,19	4,80	0,10	0,03	0,38	0,04	0,32	7,59	100
60773	RPP-27-14	Webstérite à Olivine	D	46,81	8,00	12,13	23,59	0,18	7,96	0,36	0,09	0,47	0,03	0,37	4,01	100
60774	RPP-43-14	Webstérite à Olivine	G	44,94	8,68	12,41	24,70	0,17	7,85	0,30	0,04	0,53	0,03	0,34	5,07	100
60590	RPP-56-14	Webstérite à Olivine	I	49,56	5,42	11,92	25,06	0,15	6,98	0,11	0,04	0,34	0,04	0,37	3,93	100
60584	RPP-87-14	Webstérite à Olivine	J	47,50	6,88	12,19	24,48	0,17	7,66	0,18	0,04	0,52	0,03	0,34	4,21	100
60586	RPP-106-14	Webstérite à Olivine	J	48,60	7,55	11,06	23,26	0,16	8,18	0,24	0,06	0,51	0,02	0,35	3,86	100
60570	RPP-120-A-14	Webstérite à Olivine	F	47,19	8,06	12,54	23,27	0,18	7,32	0,48	0,06	0,51	0,03	0,35	4,3	100
60594	RPP-121-14	Webstérite à Olivine	F	47,71	7,40	11,00	25,26	0,16	7,29	0,32	0,05	0,40	0,01	0,39	5,71	100
60778	RPP-122-14	Webstérite à Olivine	F	45,35	8,96	13,15	23,03	0,18	7,68	0,70	0,06	0,48	0,01	0,39	4,21	100
60573	RPP-127-14	Webstérite à Olivine	F	44,49	6,54	13,79	29,71	0,19	4,30	0,05	0,02	0,32	0,03	0,56	7,44	100
60576	RPP-128-14	Webstérite à Olivine	F	44,78	6,45	14,18	28,52	0,18	4,82	0,08	0,03	0,35	0,03	0,57	8,06	100
60577	RPP-129-14	Webstérite à Olivine	F	48,04	6,93	11,89	23,92	0,18	7,75	0,44	0,06	0,41	0,04	0,34	6,04	100

## Annexe 2A – Analyses des éléments majeurs, mineurs et traces sur la roche totale

N° SGDAC	Échantillon	Lithologie terrain	Annexe 4	SiO <sub>2</sub> (wt%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (wt%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (T) (wt%)	MgO (wt%)	MnO (wt%)	CaO (wt%)	Na <sub>2</sub> O (wt%)	K <sub>2</sub> O (wt%)	TiO <sub>2</sub> (wt%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (wt%)	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (wt%)	LOI (wt%)	Total
Limites de détection				0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,01	0,01	0,01	0,001	0,01	0,01		
55581	IL-3143-A-13	Webstérite à Olivine	D	43,85	9,50	13,92	25,23	0,18	5,76	0,34	0,10	0,61	0,11	0,39	4,97	100
60572	RPP-124-A-14	Webstérite à Olivine tardive	F	48,11	9,59	12,70	17,09	0,19	9,92	1,34	0,18	0,62	0,02	0,22	1,36	100
60571	RPP-124-B-14	Webstérite à Olivine tardive	F	40,83	12,83	15,75	22,72	0,20	5,81	0,63	0,07	0,83	0,07	0,25	4,84	100
60574	RPP-126-14	Webstérite à Olivine tardive	F	48,23	9,86	11,98	18,39	0,18	9,02	1,30	0,11	0,61	0,02	0,29	1,15	100
60740	RPP-28-14	Amphibolite	D	47,19	8,13	12,69	20,19	0,20	9,45	1,00	0,12	0,71	0,07	0,26	4,51	100
60585	RPP-108-14	Amphibolite	J	48,18	8,88	12,57	18,46	0,19	9,46	0,45	0,07	1,35	0,17	0,20	3,22	100
60596	RPP-110-14	Amphibolite	J	47,88	7,39	13,65	18,52	0,16	9,92	0,41	0,20	1,56	0,12	0,20	3,73	100
55771	IL-3139-A-13	Amphibolite	Isolé	44,11	9,57	13,17	19,47	0,20	10,26	1,29	0,14	1,55	0,02	0,20	3,34	100
60764	RPP-21-14	Gabbro	A	51,56	12,91	10,66	10,13	0,16	11,65	1,50	0,33	0,98	0,06	0,06	1,18	100
60741	RPP-50-14	Gabbro	H3	43,02	17,57	14,61	9,35	0,37	12,04	1,09	0,76	1,15	0,02	0,01	3,03	100
60754	RPP-62A-14	Gabbro	H1	47,19	10,22	10,58	14,24	0,23	15,63	1,03	0,37	0,39	0,06	0,07	1,66	100
60753	RPP-63A-14	Gabbro	H1	45,93	15,22	7,14	7,77	0,20	22,95	0,10	0,07	0,55	0,04	0,02	1,91	100
60598	RPP-100-14	Gabbro	J	48,81	14,57	14,60	6,38	0,20	11,51	1,64	0,34	1,74	0,19	0,01	0,83	100
60595	RPP-111-14	Gabbro	J	51,36	14,78	11,97	7,36	0,18	11,70	1,10	0,26	1,15	0,08	0,05	0,97	100
55577	DB-1128-C-13	Gabbro	H1	48,00	13,90	9,18	10,09	0,20	17,44	0,42	0,15	0,55	0,04	0,03	1,02	100
60768	RPP-26-14	Amphibolite basaltique	C	48,28	14,67	12,85	8,29	0,20	12,23	2,05	0,16	1,13	0,08	0,05	0,71	100
55586	IL-3105-A-13	Amphibolite basaltique	Isolé	50,83	16,08	12,35	5,93	0,19	9,85	2,86	0,63	1,10	0,15	0,02	0,77	100
55587	SB-4117-A-13	Amphibolite basaltique	Isolé	51,25	13,30	15,40	5,96	0,24	9,77	2,56	0,62	0,91	0,08	< 0,01	0,37	100
55860	CB-5074-A-13	Amphibolite basaltique	Isolé	47,56	14,68	13,24	6,54	0,20	14,90	1,34	0,18	1,21	0,09	0,05	0,27	100
55858	BC-6148-A-13	Amphibolite basaltique	Isolé	47,92	14,24	12,49	6,84	0,19	15,53	1,29	0,21	1,16	0,08	0,05	0,4	100
55629	JC-8048-A-13	Amphibolite basaltique	Isolé	48,59	16,13	9,69	9,82	0,17	11,02	2,04	1,73	0,70	0,06	0,06	1,46	100
60583	RPP-01B-14	Paragneiss	H3	48,09	22,89	8,61	6,20	0,22	9,59	1,56	1,60	1,17	0,04	0,02	0,91	100
60739	RPP-13-14	Paragneiss	G	61,08	16,55	9,13	5,20	0,10	1,19	2,33	3,82	0,55	0,04	0,01	5,56	100
60762	RPP-20-14	Paragneiss	A	66,17	14,11	8,53	2,07	0,25	3,30	2,34	2,10	0,99	0,12	0,01	0,37	100
60599	RPP-102-14	Paragneiss	J	77,06	11,33	3,18	1,30	0,04	2,45	2,86	1,29	0,42	0,06	0,01	0,7	100
60720	RPP-135-A1-14	Paragneiss	Isolé	67,82	14,10	3,89	4,46	0,05	7,05	0,54	1,67	0,35	0,06	0,01	2,55	100
60721	RPP-135-A2-14	Paragneiss	Isolé	68,77	14,78	3,06	3,60	0,04	6,27	0,56	2,50	0,33	0,09	< 0,01	2,23	100
60723	RPP-138-A1-14	Paragneiss	K	59,36	22,29	6,69	3,33	0,05	4,44	0,91	1,76	0,82	0,31	0,03	11,28	100
60724	RPP-138-A2-14	Paragneiss	K	63,49	22,65	5,40	1,95	0,02	1,70	0,92	2,80	0,63	0,42	0,02	10,11	100
60587	RPP-91-14	Quartzite	J	93,07	3,53	0,95	0,84	0,01	0,81	0,25	0,42	0,10	0,01	< 0,01	1,46	100
60578	RPP-143-14	Quartzite	Isolé	94,38	3,46	0,59	0,22	0,00	0,14	0,08	0,99	0,11	0,02	< 0,01	3	100
60737	RPP-03-A1-14	Tectonite	H3	35,49	15,49	19,44	13,14	0,44	11,74	0,54	0,19	2,88	0,59	0,05	6,44	100
60738	RPP-03-A2-14	Tectonite	H3	24,38	24,21	29,03	9,78	0,52	9,90	0,02		2,07	0,03	0,06	11,18	100
55768	IL-3135-A-13	Tectonite	Isolé	37,14	12,30	17,91	28,92	0,21	1,93	0,11	0,02	0,90	0,08	0,48	7,74	100
60771	RPP-03-B-14	Non déterminé	H3	46,42	11,33	12,36	17,22	0,25	10,46	0,85	0,20	0,74	0,04	0,13	2,55	100
60772	RPP-03-C-14	Non déterminé	H3	26,69	15,22	27,00	22,00	0,59	2,26	0,05	0,02	4,88	1,01	0,27	7,74	100
60575	KTP-1X	Standar UQAC broyé	-	56,30	14,51	12,21	4,34	0,14	7,11	2,64	1,67	0,91	0,16	0,02	2,04	100
60600	KTP-1X	Standar UQAC	-	56,95	14,23	11,80	4,37	0,14	7,18	2,63	1,64	0,88	0,15	0,02	1,88	100
	AM-71	Standar MERN	-	39,83	5,72	9,95	43,95	0,10	0,11			0,05		0,30	14,29	100



## Annexe 2A – Analyses des éléments majeurs, mineurs et traces sur la roche totale

### Éléments mineurs et traces (\* Contamination, \*\* LabMaTer)

Échantillon	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Nb (ppm)	V (ppm)	Co (ppm)*	Ga (ppm)	Ge (ppm)	In (ppm)	Sn (ppm)	Cs (ppm)	Pb (ppm)	Be (ppm)	Hf (ppm)	Ta (ppm)*	W (ppm)*	Tl (ppm)	Bi (ppm)	Th (ppm)
Limites de détection	2	3	0,2	5	1	1	0,5	0,1	1	0,1	3	1	0,1	0,01	0,5	0,05	0,1	0,05
RPP-04-14	10	< 3	0,5	64	116	5	1,2	< 0,1	< 1	0,2	< 3	< 1	0,1	0,05	13,2	< 0,05	0,1	0,07
RPP-09B-14	10	< 3	5,1	86	112	4	1,2	< 0,1	1	0,1	< 3	< 1	0,2	0,38	16,1	< 0,05	< 0,1	1,53
RPP-41-14	4	< 3	4,2	77	75	5	1,2	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,4	0,08	16,7	< 0,05	< 0,1	0,26
RPP-51-14	9	< 3	0,4	58	104	5	1,7	< 0,1	< 1	0,1	< 3	< 1	0,1	0,11	40,3	< 0,05	0,1	0,15
RPP-55-14	10	< 3	2	92	103	5	1,5	< 0,1	< 1	0,2	3	< 1	0,3	0,09	24,6	0,23	0,1	0,15
RPP-59-1-14	7	< 3	3,7	69	278	5	1,6	< 0,1	< 1	0,2	< 3	< 1	0,2	0,09	27,4	0,45	0,1	0,24
RPP-59-3-14	5	< 3	0,6	80	163	4	1,3	< 0,1	< 1	0,1	< 3	< 1	0,2	0,12	34,1	0,19	< 0,1	0,21
RPP-59-4-14	5	< 3	0,4	85	163	5	1,4	< 0,1	< 1	0,1	< 3	< 1	0,1	0,06	27,1	0,08	< 0,1	0,22
RPP-68-14	8	< 3	0,6	60	116	3	1,2	< 0,1	< 1	0,1	38	< 1	0,2	0,04	16,6	0,84	< 0,1	0,15
RPP-77-14	6	< 3	0,6	80	162	4	1,1	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,2	0,15	48,1	< 0,05	< 0,1	0,18
MP-157-A-13	11	< 3	< 0,2	65	94	3	1,8	< 0,1	< 1	0,2	< 3	< 1	0,2	0,19	24,5	0,23	< 0,1	0,17
DB-1128-D-13	8	< 3	0,5	70	124	6	1,2	< 0,1	< 1	0,2	< 3	< 1	0,2	0,31	64	< 0,05	0,2	< 0,05
RPP-147-14	4	< 3	0,7	92	126	5	1,1	< 0,1	< 1	0,1	< 3	< 1	0,3	0,17	56	0,05	< 0,1	0,26
RPP-01A-14	9	< 3	0,9	98	130	7	1,6	< 0,1	< 1	0,1	< 3	< 1	0,3	0,24	60	0,27	< 0,1	0,19
RPP-09A-14	13	8	4,7	61	110	5	1,2	< 0,1	< 1	0,1	7	< 1	0,3	0,21	17,7	< 0,05	< 0,1	0,85
RPP-58-14	6	< 3	0,8	106	131	6	1,3	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,4	0,16	48,6	< 0,05	< 0,1	0,23
RPP-63C-14	17	< 3	0,8	130	148	6	1	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,4	0,09	29,3	0,22	< 0,1	0,3
RPP-66-14	18	< 3	0,6	81	108	5	1,6	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,2	0,19	51,9	0,22	< 0,1	0,25
RPP-73-14	16	< 3	1,2	119	117	7	1,4	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,5	0,18	44,3	0,06	< 0,1	0,37
RPP-74-14	11	< 3	0,4	81	94	4	1,1	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,2	0,05	16,4	< 0,05	< 0,1	0,27
RPP-78-14	14	4	0,9	101	107	5	1,3	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,4	0,08	22,9	0,1	< 0,1	0,28
RPP-81-14	12	< 3	8,4	88	113	5	1,4	< 0,1	< 1	0,1	< 3	< 1	0,3	0,14	33,1	0,14	< 0,1	0,37
RPP-145-14	16	3	1	111	110	6	1,2	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,4	0,29	68,2	0,08	0,1	0,44
RPP-146-14	14	< 3	0,9	114	115	7	1,3	< 0,1	< 1	0,1	< 3	< 1	0,4	0,2	54	< 0,05	0,1	0,23
DB-1128-A-13	13	< 3	0,4	102	122	6	1,6	< 0,1	< 1	0,2	< 3	< 1	0,4	0,33	62,5	0,15	< 0,1	0,14
DB-1128-B-13	11	< 3	0,4	110	125	5	1,4	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,3	5,05	35	0,08	< 0,1	0,2
RPP-80-14	19	< 3	1,1	88	119	5	1,7	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,5	0,66	145	0,09	0,1	0,66
RPP-18-14	33	< 3	1,2	158	106	8	1,2	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,5	0,35	81,7	0,1	< 0,1	0,18
RPP-24-14	26	< 3	8	135	122	6	1,7	< 0,1	< 1	0,1	< 3	< 1	0,5	0,21	34,3	0,16	< 0,1	0,38
RPP-27-14	74	13	5,9	165	104	9	1,6	< 0,1	< 1	0,2	< 3	< 1	0,6	0,39	77,2	0,05	< 0,1	0,28
RPP-43-14	47	< 3	5	185	97	10	1,5	< 0,1	1	< 0,1	< 3	< 1	0,9	0,32	60,1	< 0,05	< 0,1	0,23
RPP-56-14	10	< 3	1,1	119	115	6	1,5	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,5	0,27	66,9	0,17	< 0,1	0,5
RPP-87-14	150	8	1,7	155	113	9	1,5	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,8	0,59	126	0,08	< 0,1	0,24
RPP-106-14	127	6	4	164	108	10	2,2	< 0,1	1	0,1	< 3	< 1	0,7	0,74	165	< 0,05	0,1	0,24
RPP-120-A-14	123	8	2,2	175	102	9	1,5	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,6	0,62	89,5	0,1	< 0,1	0,23
RPP-121-14	137	4	1,3	140	99	8	1,3	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,5	0,32	69,7	0,05	< 0,1	0,15
RPP-122-14	91	6	3,9	181	103	10	1,5	< 0,1	< 1	0,1	< 3	< 1	0,6	0,28	54,8	< 0,05	< 0,1	0,29
RPP-127-14	13	< 3	1,4	128	127	6	1,3	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,4	0,25	58,9	0,1	0,1	0,22
RPP-128-14	12	< 3	1,3	140	125	6	1,3	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,4	0,29	67,4	0,15	0,1	0,17

## Annexe 2A – Analyses des éléments majeurs, mineurs et traces sur la roche totale

Échantillon	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Nb (ppm)	V (ppm)	Co (ppm)*	Ga (ppm)	Ge (ppm)	In (ppm)	Sn (ppm)	Cs (ppm)	Pb (ppm)	Be (ppm)	Hf (ppm)	Ta (ppm)*	W (ppm)*	Tl (ppm)	Bi (ppm)	Th (ppm)
Limites de détection	2	3	0,2	5	1	1	0,5	0,1	1	0,1	3	1	0,1	0,01	0,5	0,05	0,1	0,05
RPP-129-14	120	7	1,3	179	92	7	1,3	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,6	0,29	59,7	0,06	0,1	0,31
IL-3143-A-13	82	10	1,6	247	116	10	1,3	< 0,1	< 1	0,2	< 3	< 1	0,9	0,74	133	< 0,05	< 0,1	0,33
RPP-124-A-14	95	54	2,8	235	96	11	1,4	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,8	0,84	149	0,07	< 0,1	0,67
RPP-124-B-14	63	7	2,7	271	110	11	1,2	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	1,1	0,44	81,3	0,07	< 0,1	0,38
RPP-126-14	57	9	2,1	215	101	12	1,5	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,7	0,69	133	0,08	< 0,1	0,29
RPP-28-14	96	5	6,5	209	74	13	4,3	< 0,1	1	0,1	< 3	< 1	1,2	0,37	1,5	0,31	< 0,1	1
RPP-108-14	115	13	11,1	232	100	13	1,6	< 0,1	1	< 0,1	< 3	1	1,8	1,33	140	0,54	< 0,1	0,97
RPP-110-14	363	15	11,7	228	102	11	1,5	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	2	1,43	139	0,37	< 0,1	1,03
IL-3139-A-13	349	26	16,6	216	101	13	1,2	< 0,1	2	0,1	4	1	2	2,38	147	0,07	< 0,1	1,23
RPP-21-14	165	54	3	333	68	14	1,7	< 0,1	< 1	< 0,1	4	< 1	1,2	0,98	179	< 0,05	< 0,1	0,44
RPP-50-14	750	233	5,1	383	51	23	3,2	< 0,1	4	0,1	9	3	1,8	0,33	0,6	0,5	< 0,1	2,49
RPP-62A-14	156	15	2,4	224	72	9	1,4	< 0,1	< 1	< 0,1	12	1	0,5	0,79	184	0,06	< 0,1	0,4
RPP-63A-14	307	7	1,9	192	48	14	2	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,8	0,85	169	0,06	< 0,1	0,76
RPP-100-14	249	167	13	377	75	20	1,4	0,1	1	< 0,1	4	1	2,4	1,22	108	0,05	< 0,1	1,11
RPP-111-14	192	66	2,9	302	72	17	1,5	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	1	1,01	175	0,09	< 0,1	0,37
DB-1128-C-13	258	13	1,9	223	68	10	1,9	< 0,1	< 1	< 0,1	9	< 1	0,7	1,79	208	< 0,05	< 0,1	0,44
RPP-26-14	154	26	8,1	308	73	17	1,8	0,1	1	0,3	< 3	< 1	1	0,93	158	0,05	< 0,1	0,31
IL-3105-A-13	306	210	2,9	262	51	21	1,8	< 0,1	< 1	0,2	< 3	< 1	1,8	0,17	< 0,5	0,06	< 0,1	0,68
SB-4117-A-13	74	79	1,3	347	59	18	2,3	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	2	1,5	0,09	< 0,5	0,08	0,6	0,64
CB-5074-A-13	245	22	2,2	338	51	21	1,6	< 0,1	1	0,1	6	< 1	1,3	0,13	< 0,5	< 0,05	0,2	0,35
BC-6148-A-13	268	30	2,2	322	52	19	1,2	< 0,1	< 1	0,1	< 3	< 1	1,2	0,14	1,3	< 0,05	0,2	0,4
JC-8048-A-13	157	129	2,7	219	48	16	1,9	< 0,1	1	2,9	7	< 1	1,1	0,24	< 0,5	0,39	0,3	0,98
RPP-01B-14	491	1005	13,1	139	61	23	1,3	< 0,1	< 1	1,7	14	2	5	1,8	228	0,56	< 0,1	23,3
RPP-13-14	66	388	10,3	61	31	22	3,8	< 0,1	2	3	16	2	3,1	0,75	1,5	1,01	0,2	20,4
RPP-20-14	173	764	34,8	110	79	23	2,5	< 0,1	< 1	6,9	14	3	7,2	4,09	435	0,5	0,1	20,8
RPP-102-14	113	132	8,4	57	65	14	1,2	< 0,1	< 1	1,4	9	1	5,2	2,58	452	0,6	< 0,1	13,9
RPP-135-A1-14	193	802	4	53	12	17	1,1	< 0,1	< 1	1,3	5	< 1	4,2	0,32	0,9	0,58	< 0,1	13,8
RPP-135-A2-14	208	1529	3,7	52	10	19	1,3	< 0,1	< 1	1,5	9	< 1	4	0,26	0,9	0,8	< 0,1	15,9
RPP-138-A1-14	179	192	5,8	404	32	24	< 0,5	< 0,1	< 1	2,9	13	1	2,8	0,83	< 0,5	4,25	< 0,1	16,5
RPP-138-A2-14	113	394	7,1	451	24	24	1,2	< 0,1	< 1	2,2	14	2	1,9	0,55	1,9	4,89	< 0,1	12,4
RPP-91-14	32	70	2,2	18	78	4	0,5	< 0,1	< 1	0,3	< 3	< 1	2	2,89	651	0,16	< 0,1	4,11
RPP-143-14	37	267	2,5	25	121	3	0,5	< 0,1	< 1	0,1	3	< 1	2,1	4,22	959	0,12	< 0,1	4,6
RPP-03-A1-14	125	44	45,8	232	84	10	4,1	< 0,1	3	< 0,1	15	< 1	13,3	4,5	2	0,28	0,1	65
RPP-03-A2-14	24	4	33	366	144	21	3,7	< 0,1	1	< 0,1	8	< 1	9,8	2,62	1,4	0,21	0,1	53,6
IL-3135-A-13	24	5	2,4	294	118	12	1,3	< 0,1	< 1	< 0,1	< 3	< 1	0,9	0,47	73,3	0,11	< 0,1	0,24
RPP-03-B-14	38	45	10,5	179	86	12	1,7	< 0,1	2	< 0,1	9	2	2,1	0,96	86,2	< 0,05	< 0,1	7,75
RPP-03-C-14	44	8	36,2	165	95	13	1,9	< 0,1	1	0,1	24	< 1	11,6	3,06	85,5	0,05	< 0,1	119
KTP-1X	265	468	8,4	198	99	18	1,1	0,1	16	4,4	56	2	3,6	1,32	163	0,43	0,3	6,72
KTP-1X	253	465	8,5	193	81	18	0,9	0,1	16	4,3	51	2	4	0,61	9,5	0,47	0,2	6,62
AM-71	< 2	< 3	3,9	62	96	3	1,1	< 0,1	< 1	0,3	< 3	< 1	0,1	< 0,01	2,2	< 0,05	< 0,1	0,06

## Annexe 2A – Analyses des éléments majeurs, mineurs et traces sur la roche totale

Échantillon	U (ppm)	Rb (ppm)	Y (ppm)	Zr (ppm)	La (ppm)	Ce (ppm)	Pr (ppm)	Nd (ppm)	Sm (ppm)	Eu (ppm)	Gd (ppm)	Tb (ppm)	Dy (ppm)	Ho (ppm)	Er (ppm)	Tm (ppm)	Yb (ppm)	Lu (ppm)
Limites de détection	0,01	1	0,5	1	0,05	0,05	0,01	0,05	0,01	0,005	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,005	0,01	0,002
RPP-04-14	0,05	< 1	2	6	0,11	0,39	0,07	0,32	0,15	0,019	0,2	0,04	0,32	0,07	0,22	0,03	0,18	0,03
RPP-09B-14	0,06	< 1	4,6	9	1,42	3,05	0,39	1,76	0,54	0,11	0,67	0,12	0,75	0,15	0,45	0,069	0,42	0,074
RPP-41-14	0,05	< 1	3,3	15	2,1	3,65	0,37	1,55	0,41	0,086	0,42	0,09	0,57	0,12	0,38	0,063	0,44	0,08
RPP-51-14	0,05	< 1	1,7	6	0,13	0,51	0,08	0,41	0,16	0,037	0,22	0,04	0,29	0,06	0,2	0,028	0,2	0,031
RPP-55-14	0,04	1	3,6	14	0,89	1,93	0,28	1,37	0,4	0,085	0,6	0,11	0,66	0,13	0,37	0,054	0,34	0,051
RPP-59-1-14	0,06	1	1,9	6	0,59	1,07	0,13	0,66	0,18	0,03	0,22	0,04	0,29	0,06	0,2	0,029	0,19	0,034
RPP-59-3-14	0,06	< 1	1,8	10	0,36	0,78	0,1	0,56	0,17	0,011	0,24	0,04	0,31	0,07	0,2	0,029	0,18	0,026
RPP-59-4-14	0,04	< 1	1,8	6	0,19	0,53	0,06	0,37	0,11	< 0,005	0,14	0,04	0,29	0,07	0,2	0,029	0,23	0,034
RPP-68-14	0,04	< 1	2,8	11	1,64	2,58	0,27	1,14	0,28	0,048	0,4	0,07	0,48	0,1	0,27	0,037	0,25	0,04
RPP-77-14	0,03	< 1	2,4	10	0,41	1	0,13	0,74	0,24	0,017	0,26	0,05	0,43	0,09	0,27	0,04	0,29	0,042
MP-157-A-13	0,08	2	2,9	9	0,88	2,1	0,27	1,42	0,37	0,096	0,37	0,09	0,5	0,12	0,33	0,039	0,25	0,047
DB-1128-D-13	0,02	1	< 0,5	6	0,53	0,72	0,07	0,18	0,02	< 0,005	0,06	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,06	0,015
RPP-147-14	0,06	< 1	2,4	15	0,96	2,44	0,3	1,36	0,31	0,03	0,35	0,06	0,41	0,1	0,29	0,044	0,3	0,042
RPP-01A-14	0,05	< 1	5,4	11	1,24	3,21	0,42	2,19	0,63	0,084	0,78	0,15	0,95	0,19	0,55	0,078	0,52	0,075
RPP-09A-14	0,09	1	3,4	10	2,73	4,75	0,49	2,03	0,44	0,19	0,6	0,09	0,56	0,12	0,33	0,053	0,39	0,062
RPP-58-14	0,06	< 1	4,7	17	1,3	3,22	0,42	2,02	0,53	0,06	0,7	0,13	0,89	0,18	0,54	0,075	0,49	0,068
RPP-63C-14	0,07	< 1	5,5	17	1,8	3,84	0,47	2,15	0,62	0,166	0,77	0,15	0,94	0,19	0,56	0,08	0,53	0,086
RPP-66-14	0,06	< 1	5,6	10	0,72	2,11	0,3	1,6	0,66	0,125	0,82	0,16	0,96	0,2	0,54	0,074	0,45	0,059
RPP-73-14	0,07	< 1	6,8	16	1,32	3,6	0,49	2,3	0,79	0,175	1,03	0,19	1,22	0,25	0,71	0,092	0,61	0,087
RPP-74-14	0,07	< 1	4,1	10	1,89	3,6	0,38	1,64	0,38	0,175	0,49	0,09	0,66	0,14	0,41	0,062	0,44	0,063
RPP-78-14	0,07	< 1	5,2	15	1,43	3,7	0,48	2,18	0,55	0,223	0,68	0,13	0,85	0,17	0,48	0,069	0,44	0,065
RPP-81-14	0,08	1	4,7	15	1,84	4,08	0,5	2,02	0,61	0,212	0,71	0,13	0,87	0,16	0,5	0,075	0,48	0,079
RPP-145-14	0,11	< 1	6,1	19	2,72	5,52	0,66	2,75	0,74	0,131	0,92	0,17	1,08	0,2	0,65	0,091	0,56	0,084
RPP-146-14	0,07	< 1	5,5	16	1,96	3,88	0,48	2,35	0,66	0,231	0,84	0,16	0,96	0,19	0,61	0,085	0,54	0,078
DB-1128-A-13	0,04	2	3,4	13	0,94	2,32	0,31	1,65	0,45	0,082	0,52	0,1	0,58	0,11	0,38	0,054	0,34	0,054
DB-1128-B-13	0,05	< 1	3,6	8	1,32	2,62	0,34	1,41	0,46	0,142	0,61	0,12	0,62	0,12	0,38	0,056	0,37	0,045
RPP-80-14	0,21	< 1	14,7	22	3,09	7,21	0,92	4,53	1,76	0,328	2,41	0,48	2,93	0,55	1,44	0,187	1,07	0,149
RPP-18-14	0,06	< 1	6,6	19	0,98	2,73	0,41	2,24	0,75	0,247	0,97	0,18	1,2	0,23	0,68	0,103	0,66	0,091
RPP-24-14	0,08	1	6,8	20	2,14	5,02	0,69	2,96	0,87	0,31	0,99	0,2	1,2	0,25	0,76	0,118	0,75	0,118
RPP-27-14	0,08	2	8,2	30	1,68	3,92	0,59	2,98	0,94	0,355	1,27	0,21	1,44	0,29	0,8	0,128	0,83	0,116
RPP-43-14	0,09	1	7,8	32	1,23	3,16	0,5	2,46	0,81	0,389	1,16	0,22	1,38	0,28	0,84	0,122	0,73	0,117
RPP-56-14	0,13	< 1	8,8	21	2,18	5,66	0,76	3,7	1,12	0,25	1,39	0,23	1,55	0,32	0,92	0,122	0,74	0,112
RPP-87-14	0,07	< 1	7,8	32	1,76	4,46	0,63	3,13	1,01	0,389	1,27	0,22	1,38	0,28	0,86	0,123	0,77	0,107
RPP-106-14	0,08	1	7,1	33	1,76	4,69	0,71	3,14	0,99	0,435	1,11	0,21	1,27	0,26	0,76	0,112	0,67	0,11
RPP-120-A-14	0,07	< 1	8	27	1,65	4,44	0,65	3,31	0,95	0,406	1,21	0,23	1,44	0,3	0,85	0,123	0,77	0,109
RPP-121-14	0,05	< 1	5,3	20	0,98	2,6	0,39	2	0,65	0,293	0,84	0,16	0,97	0,19	0,5	0,073	0,49	0,071
RPP-122-14	0,09	1	8,9	17	2,28	5,52	0,79	3,78	1,09	0,395	1,39	0,25	1,6	0,33	0,95	0,14	0,86	0,146
RPP-127-14	0,08	< 1	6,4	16	1,36	3,37	0,47	2,3	0,67	0,252	0,86	0,16	1,14	0,24	0,66	0,093	0,65	0,104
RPP-128-14	0,06	< 1	6,1	20	1,43	3,19	0,41	2,02	0,62	0,24	0,8	0,15	1,03	0,21	0,62	0,093	0,62	0,101
RPP-129-14	0,1	< 1	10,4	23	5,23	7,9	1,09	4,58	1,29	0,329	1,54	0,28	1,82	0,37	1,11	0,161	1,01	0,15

## Annexe 2A – Analyses des éléments majeurs, mineurs et traces sur la roche totale

Échantillon	U (ppm)	Rb (ppm)	Y (ppm)	Zr (ppm)	La (ppm)	Ce (ppm)	Pr (ppm)	Nd (ppm)	Sm (ppm)	Eu (ppm)	Gd (ppm)	Tb (ppm)	Dy (ppm)	Ho (ppm)	Er (ppm)	Tm (ppm)	Yb (ppm)	Lu (ppm)
Limites de détection	0,01	1	0,5	1	0,05	0,05	0,01	0,05	0,01	0,005	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,005	0,01	0,002
IL-3143-A-13	0,12	2	11,4	30	3	7,09	1,05	5,02	1,33	0,282	1,72	0,32	1,96	0,43	1,2	0,188	1,17	0,16
RPP-124-A-14	0,18	< 1	12,3	34	4,06	8,95	1,28	5,74	1,6	0,778	2,01	0,35	2,22	0,46	1,28	0,184	1,19	0,179
RPP-124-B-14	0,12	< 1	13,2	39	3,17	8,91	1,27	6,27	1,82	0,582	2,18	0,39	2,48	0,49	1,46	0,199	1,27	0,21
RPP-126-14	0,08	< 1	11,7	28	2,63	6,83	0,95	4,69	1,37	0,538	1,71	0,32	2,1	0,43	1,17	0,167	1,17	0,165
RPP-28-14	0,25	2	11,3	43	7,47	16,5	2,05	8,91	2,15	0,83	2,07	0,35	2,02	0,4	1,15	0,17	1,02	0,139
RPP-108-14	0,25	< 1	19,2	70	11,6	26,4	3,4	15,1	3,69	1,39	4,05	0,63	3,7	0,71	1,85	0,246	1,54	0,217
RPP-110-14	0,25	< 1	14,4	89	11,3	27,9	3,7	16,2	3,67	1,09	3,34	0,54	2,91	0,54	1,42	0,194	1,15	0,157
IL-3139-A-13	0,26	< 1	11,1	83	14	31,6	3,94	15,7	3,17	1,31	2,51	0,42	2,13	0,41	1,06	0,142	1	0,143
RPP-21-14	0,19	4	14,6	45	3,37	8,76	1,28	6,25	1,96	0,775	2,45	0,43	2,74	0,55	1,54	0,227	1,44	0,203
RPP-50-14	0,47	10	24,6	69	8,61	19,6	2,46	11,1	3,06	1,04	3,93	0,72	4,42	0,86	2,51	0,373	2,34	0,345
RPP-62A-14	0,24	< 1	8,4	21	3,69	4,91	0,69	3,04	0,87	0,736	1,19	0,23	1,4	0,3	0,87	0,122	0,8	0,128
RPP-63A-14	0,16	< 1	11,6	32	3,56	8,53	1,09	4,9	1,45	1,38	1,65	0,3	2,09	0,41	1,23	0,168	1,06	0,163
RPP-100-14	1,05	1	26,4	93	9,73	25,2	3,41	15,8	4,08	1,51	4,56	0,77	4,81	0,95	2,64	0,372	2,44	0,358
RPP-111-14	0,12	< 1	15,9	41	3,24	8,21	1,22	6,18	1,92	0,899	2,38	0,43	2,85	0,58	1,65	0,238	1,53	0,254
DB-1128-C-13	0,12	2	10	24	2,35	6,08	0,86	4,06	1,06	0,494	1,47	0,29	1,73	0,36	1,03	0,162	0,94	0,159
RPP-26-14	0,09	3	16,6	35	3,33	8,7	1,34	6,19	2,03	0,819	2,41	0,46	2,85	0,61	1,74	0,26	1,56	0,247
IL-3105-A-13	0,16	8	18,6	73	11,2	25,5	3,43	14,9	3,3	1,07	3,37	0,56	3,45	0,7	2,03	0,304	2,08	0,326
SB-4117-A-13	0,33	8	24,2	59	3,91	8,83	1,22	5,85	2,11	0,676	3,11	0,59	4,13	0,89	2,68	0,435	2,85	0,454
CB-5074-A-13	0,2	3	16,6	45	3,42	8,66	1,36	6,62	2,03	0,842	2,62	0,48	3,04	0,63	1,87	0,255	1,59	0,258
BC-6148-A-13	0,12	3	16,4	47	3,51	8,6	1,3	6,3	1,94	0,772	2,87	0,5	3,09	0,62	1,92	0,277	1,71	0,252
JC-8048-A-13	0,4	69	14	47	5,33	11,9	1,66	7,03	2,1	0,704	2,44	0,41	2,65	0,52	1,46	0,242	1,56	0,227
RPP-01B-14	1,84	74	9,8	200	75,2	154	14,4	48,7	7,67	1,71	5,07	0,6	2,62	0,4	0,9	0,108	0,66	0,102
RPP-13-14	2,19	126	16,5	130	52,6	112	10,2	35,6	5,82	1,48	4,33	0,66	3,32	0,6	1,74	0,256	1,68	0,249
RPP-20-14	3,35	116	32,7	291	49,7	99,6	10,7	38,2	6,6	1,6	5,3	0,93	5,73	1,12	3,13	0,444	2,97	0,453
RPP-102-14	2,75	69	22,9	218	46	93,9	10,1	35,9	6,01	1,01	4,87	0,71	4,13	0,78	2,32	0,335	2,24	0,36
RPP-135-A1-14	1,42	57	7,8	168	37,4	61,9	6	20,3	2,94	0,657	1,94	0,29	1,5	0,27	0,79	0,128	0,74	0,106
RPP-135-A2-14	1,6	73	7,9	167	40,7	67,2	6,37	21,3	3,08	0,739	2,1	0,28	1,5	0,27	0,76	0,121	0,75	0,099
RPP-138-A1-14	9,58	76	27,1	117	55,4	102	11,4	39,6	6,97	1,67	5,53	0,8	4,26	0,8	2,39	0,411	2,59	0,359
RPP-138-A2-14	12,1	77	31,3	78	46,7	84,7	9,66	34,4	6,04	1,36	4,8	0,75	4,58	0,97	2,86	0,448	3	0,446
RPP-91-14	0,85	10	2,5	79	9,87	17,1	1,77	6,1	1,01	0,223	0,65	0,09	0,47	0,09	0,23	0,03	0,2	0,034
RPP-143-14	0,67	22	2,4	81	9,62	18,2	1,88	6,89	1,03	0,279	0,71	0,1	0,49	0,08	0,2	0,027	0,2	0,028
RPP-03-A1-14	12,5	2	94,4	562	94,6	231	24,3	94,6	19,8	4,85	18,6	3,24	19,5	3,57	9,31	1,3	8,04	1,28
RPP-03-A2-14	10,5	< 1	59,9	378	90,9	187	20	73	14,4	3,57	12,7	2,11	11,8	2,28	6,21	0,889	5,74	0,849
IL-3135-A-13	0,11	< 1	4,7	33	2,24	5,16	0,7	3,21	0,77	0,092	0,91	0,16	0,84	0,18	0,49	0,076	0,49	0,075
RPP-03-B-14	1,69	1	18,4	72	23,4	52,6	5,43	20,2	4,01	0,991	3,41	0,57	3,29	0,69	1,89	0,274	1,84	0,285
RPP-03-C-14	19,9	1	56,5	456	307	641	66	221	32,8	3,61	20,4	2,59	12,9	2,25	6,2	0,761	4,66	0,723
KTP-1X	1,66	59	25,8	148	27,6	57,8	6,42	24,5	4,79	1,28	4,34	0,71	4,46	0,92	2,67	0,403	2,69	0,425
KTP-1X	1,68	61	26,1	170	27	55,6	6,37	24,1	4,71	1,22	4,27	0,72	4,31	0,87	2,74	0,387	2,72	0,412
AM-71	0,03	< 1	0,5	6	0,2	0,31	0,03	0,2	0,04	0,022	0,07	0,01	0,09	0,02	0,06	0,01	0,07	0,013

## Annexe 2A – Analyses des éléments majeurs, mineurs et traces sur la roche totale

Échantillon	Cd (ppm)	Ag (ppm)	Mo (ppm)	Zn (ppm)	S (ppm)	Au (ppb)	As (ppm)	Br (ppm)	Cr (ppm)	Fe (wt%)	Ir (ppb)	Na (wt%)	Sc (ppm)	Sb (ppm)	Se (ppm)	Mass (g)	Ni (ppm)	Cu (ppm)
Limites de détection	0,5	0,3	1	1	100	2	0,5	0,5	5	0,01	5	0,01	0,1	0,1	3		1	1
RPP-04-14	0,7	< 0,3	< 1	53	200	59	479	34	4250	6,36	< 5	0,02	10,1	1,9	< 3	1,78	2370	< 1
RPP-09B-14	< 0,5	< 0,3	< 1	45	1000	< 2	6,4	28,2	4060	5,96	< 5	0,02	10	< 0,1	< 3	1,63	2250	15
RPP-41-14	< 0,5	< 0,3	< 1	39	200	< 2	55,6	15,7	4170	7,67	< 5	0,02	11,3	0,3	< 3	1,61	1460	< 1
RPP-51-14	< 0,5	< 0,3	< 1	31	200	45	633	23,9	3740	6,11	< 5	0,04	12,3	3	< 3	1,43	1860	1
RPP-55-14	< 0,5	< 0,3	< 1	38	700	48	1170	29,3	2970	6,03	< 5	0,02	14,4	6,2	< 3	1,76	2180	33
RPP-59-1-14	< 0,5	< 0,3	< 1	42	11900	153	1240	23,6	5930	7,13	< 5	0,01	11	4,1	< 3	2,05	9170	581
RPP-59-3-14	< 0,5	< 0,3	< 1	75	1500	< 2	7,9	31,3	9750	7,54	< 5	0,02	9,2	< 0,1	< 3	1,69	1390	131
RPP-59-4-14	< 0,5	< 0,3	< 1	88	1000	< 2	3,7	22,1	9620	6,87	< 5	0,02	11,1	< 0,1	< 3	1,97	913	83
RPP-68-14	< 0,5	< 0,3	< 1	121	3200	< 2	24,3	45,4	3210	5,88	< 5	0,01	10,6	< 0,1	< 3	1,52	2510	30
RPP-77-14	< 0,5	< 0,3	< 1	40	2500	< 2	6,4	28,9	4430	6,87	< 5	0,02	11,9	< 0,1	< 3	1,45	2250	192
MP-157-A-13	< 0,5	< 0,3	< 1	39	300	101	1120	33	3570	5,67	< 5	0,02	9,7	4,6	< 3	1,25	2370	2
DB-1128-D-13	< 0,5	< 0,3	< 1	63	200	58	470	30	4570	7,36	< 5	0,02	9,2	3,3	< 3	1,21	2390	2
RPP-147-14	< 0,5	< 0,3	< 1	64	306,77**	< 2	4,2	20,8	5700	6,96	< 5	0,02	13	0,1	< 3	1,66	1940	< 1
RPP-01A-14	< 0,5	< 0,3	< 1	73	800	< 2	2,9	17,1	3570	7,58	< 5	0,11	15,3	< 0,1	< 3	1,83	1260	17
RPP-09A-14	< 0,5	< 0,3	< 1	26	600	< 2	< 0,5	28,3	3460	6,35	< 5	0,03	14,8	< 0,1	< 3	1,5	1480	76
RPP-58-14	< 0,5	< 0,3	< 1	46	1200	< 2	79,6	13,3	4380	7,51	< 5	0,04	16,9	0,8	< 3	1,97	1810	42
RPP-63C-14	< 0,5	< 0,3	< 1	50	5000	< 2	< 0,5	31,7	4790	9,79	< 5	0,06	17,4	< 0,1	< 3	1,73	1650	200
RPP-66-14	< 0,5	< 0,3	< 1	35	2900	< 2	3,1	15	3880	5,12	< 5	0,07	11,1	< 0,1	< 3	1,79	1010	87
RPP-73-14	< 0,5	< 0,3	< 1	56	5600	< 2	< 0,5	11,9	3140	7,67	< 5	0,04	19,5	< 0,1	< 3	1,66	1620	123
RPP-74-14	< 0,5	< 0,3	< 1	31	312,59**	45	235	27	3750	5,83	< 5	0,03	14	0,4	< 3	1,76	1880	< 1
RPP-78-14	< 0,5	< 0,3	< 1	31	1600	< 2	8,4	28,8	4150	6,35	< 5	0,04	15,5	< 0,1	< 3	1,62	1880	60
RPP-81-14	< 0,5	< 0,3	< 1	29	1000	< 2	< 0,5	32,2	3550	6,32	< 5	0,02	13,6	< 0,1	< 3	1,44	1980	41
RPP-145-14	< 0,5	< 0,3	< 1	54	1400	< 2	15,7	7,5	3990	6,4	< 5	0,13	18,2	< 0,1	< 3	1,76	1550	12
RPP-146-14	< 0,5	< 0,3	< 1	43	400	< 2	30,2	17,4	3420	6,7	< 5	0,08	17,4	< 0,1	< 3	1,48	1760	13
DB-1128-A-13	< 0,5	< 0,3	< 1	67	900	< 2	2,6	24,4	4270	7,6	< 5	0,08	13,1	< 0,1	< 3	1,61	1680	27
DB-1128-B-13	0,6	< 0,3	< 1	56	3500	< 2	4,5	23	3870	8,37	< 5	0,05	14,8	< 0,1	< 3	1,19	1150	146
RPP-80-14	< 0,5	< 0,3	< 1	31	2500	< 2	8,4	< 0,5	2840	4,58	< 5	0,12	16,6	< 0,1	< 3	1,43	2050	31
RPP-18-14	0,6	< 0,3	< 1	60	1200	< 2	4,8	9,5	2650	7,31	< 5	0,26	24,3	< 0,1	< 3	1,63	1240	41
RPP-24-14	< 0,5	< 0,3	< 1	80	800	< 2	< 0,5	8,1	2030	8,66	< 5	0,08	18,7	< 0,1	< 3	1,6	954	35
RPP-27-14	< 0,5	< 0,3	< 1	58	200	< 2	< 0,5	2,7	2500	7,68	< 5	0,25	23,8	< 0,1	< 3	1,57	1120	27
RPP-43-14	0,6	< 0,3	< 1	56	100	< 2	< 0,5	11	2340	7,57	< 5	0,21	27,6	< 0,1	< 3	1,68	999	10
RPP-56-14	< 0,5	< 0,3	< 1	38	6100	< 2	< 0,5	< 0,5	2490	7,54	< 5	0,08	19,4	< 0,1	< 3	1,82	842	198
RPP-87-14	0,6	< 0,3	< 1	58	800	< 2	1,2	< 0,5	2280	7,44	< 5	0,12	24,1	< 0,1	< 3	1,72	1160	67
RPP-106-14	< 0,5	< 0,3	< 1	60	141,75**	< 2	548	< 0,5	2350	6,84	< 5	0,17	25,2	1,9	< 3	1,58	1160	< 1
RPP-120-A-14	0,5	< 0,3	< 1	60	200	< 2	2,4	7,2	2300	7,65	< 5	0,32	27,3	< 0,1	< 3	1,68	1000	31
RPP-121-14	< 0,5	< 0,3	< 1	54	800	< 2	4,7	11,8	2790	7,46	< 5	0,23	19,6	< 0,1	< 3	1,73	1280	67
RPP-122-14	< 0,5	< 0,3	< 1	63	400	< 2	< 0,5	< 0,5	2600	8,16	< 5	0,49	26,4	< 0,1	< 3	1,81	1100	77
RPP-127-14	0,6	< 0,3	< 1	51	700	< 2	< 0,5	22,9	3460	7,94	< 5	0,04	22,2	< 0,1	< 3	1,5	1140	30
RPP-128-14	< 0,5	< 0,3	< 1	62	900	< 2	< 0,5	12,8	3480	8,29	< 5	0,05	21	< 0,1	< 3	1,66	1080	53
RPP-129-14	< 0,5	< 0,3	< 1	35	400	< 2	< 0,5	8,8	2130	7,31	< 5	0,29	23,4	< 0,1	< 3	1,76	1010	141

## Annexe 2A – Analyses des éléments majeurs, mineurs et traces sur la roche totale

Échantillon	Cd (ppm)	Ag (ppm)	Mo (ppm)	Zn (ppm)	S (ppm)	Au (ppb)	As (ppm)	Br (ppm)	Cr (ppm)	Fe (wt%)	Ir (ppb)	Na (wt%)	Sc (ppm)	Sb (ppm)	Se (ppm)	Mass (g)	Ni (ppm)	Cu (ppm)
Limites de détection	0,5	0,3	1	1	100	2	0,5	0,5	5	0,01	5	0,01	0,1	0,1	3		1	1
IL-3143-A-13	< 0,5	< 0,3	< 1	62	200	< 2	< 0,5	< 0,5	2550	9,44	< 5	0,26	39,1	< 0,1	< 3	1,65	838	15
RPP-124-A-14	< 0,5	< 0,3	< 1	66	100	< 2	< 0,5	< 0,5	1450	7,8	< 5	0,95	34,3	< 0,1	< 3	1,76	550	17
RPP-124-B-14	0,6	< 0,3	< 1	68	700	< 2	< 0,5	< 0,5	1630	9,59	< 5	0,45	37	< 0,1	< 3	1,65	703	147
RPP-126-14	< 0,5	< 0,3	< 1	66	200	< 2	< 0,5	< 0,5	1910	7,53	< 5	0,93	28,1	< 0,1	< 3	1,93	755	89
RPP-28-14	0,8	< 0,3	< 1	87	11300	< 2	< 0,5	< 0,5	1630	7,56	< 5	0,61	19	< 0,1	< 3	32,1	890	113
RPP-108-14	< 0,5	< 0,3	< 1	63	300	< 2	15,9	< 0,5	1360	7,8	< 5	0,32	25,5	< 0,1	< 3	1,67	831	47
RPP-110-14	< 0,5	< 0,3	< 1	63	1500	< 2	45,3	< 0,5	1440	9,27	< 5	0,26	24,4	< 0,1	< 3	1,54	828	264
IL-3139-A-13	< 0,5	< 0,3	< 1	66	500	< 2	< 0,5	< 0,5	1290	9,18	< 5	0,96	25,9	< 0,1	< 3	1,85	699	29
RPP-21-14	< 0,5	< 0,3	< 1	48	23,68**	< 2	< 0,5	< 0,5	456	7,01	< 5	1,07	45,5	< 0,1	< 3	1,71	126	1
RPP-50-14	< 0,5	< 0,3	< 1	57	900	< 2	< 0,5	< 0,5	67	8,33	< 5	0,66	36,2	< 0,1	< 3	32,3	43	8
RPP-62A-14	< 0,5	< 0,3	< 1	30	2300	< 2	< 0,5	< 0,5	529	7,01	< 5	0,74	48,3	< 0,1	< 3	1,75	61	55
RPP-63A-14	< 0,5	< 0,3	< 1	15	500	< 2	< 0,5	< 0,5	188	5,07	< 5	0,09	39,2	< 0,1	< 3	1,81	24	7
RPP-100-14	< 0,5	< 0,3	< 1	94	9700	< 2	< 0,5	< 0,5	98	9,76	< 5	1,14	40,3	< 0,1	< 3	2,05	134	153
RPP-111-14	< 0,5	< 0,3	< 1	71	1300	< 2	< 0,5	< 0,5	342	8,22	< 5	0,76	37,7	< 0,1	< 3	1,73	136	73
DB-1128-C-13	< 0,5	< 0,3	< 1	58	800	< 2	< 0,5	< 0,5	259	6,28	< 5	0,3	35,4	< 0,1	< 3	1,61	35	2
RPP-26-14	< 0,5	< 0,3	< 1	73	500	< 2	< 0,5	< 0,5	328	8,26	< 5	1,44	35,5	< 0,1	< 3	1,96	139	83
IL-3105-A-13	< 0,5	< 0,5	< 1	84	1000	< 2	< 0,5	< 0,5	119	8,09	< 5	1,88	30	< 0,1	< 3	30,1	68	41
SB-4117-A-13	< 0,5	< 0,6	< 1	94	400	< 2	< 0,5	< 0,5	52	9,85	< 5	1,73	45,4	< 0,1	< 3	30,2		48
CB-5074-A-13	< 0,5	< 0,5	< 1	78	1700	< 2	< 0,5	< 0,5	306	8,38	< 5	0,93	34,9	0,7	< 3	32,5	131	173
BC-6148-A-13	< 0,5	< 0,5	< 1	77	1100	< 2	< 0,5	< 0,5	278	7,36	< 5	0,8	30,9	< 0,1	< 3	34,6	125	91
JC-8048-A-13	< 0,5	< 0,5	< 1	73	600	< 2	< 0,5	< 0,5	371	6,24	< 5	1,37	29,1	< 0,1	< 3	30,3	205	26
RPP-01B-14	< 0,5	0,5	< 1	73	49,49**	< 2	< 0,5	< 0,5	152	5,52	< 5	1,13	18,5	< 0,1	< 3	1,65	36	5
RPP-13-14	< 0,5	0,6	< 1	149	34600	< 2	1,6	< 0,5	89	5,98	< 5	1,52	11,8	< 0,1	< 3	26,6	33	84
RPP-20-14	< 0,5	0,4	< 1	75	600	< 2	< 0,5	< 0,5	84	5,58	< 5	1,67	15,5	< 0,1	< 3	1,58	30	44
RPP-102-14	< 0,5	0,5	< 1	60	3700	< 2	< 0,5	< 0,5	67	2,38	< 5	2,07	9,4	< 0,1	< 3	1,69	20	5
RPP-135-A1-14	< 0,5	0,4	2	37	11800	< 2	3,5	< 0,5	61	2,41	< 5	0,4	6,5	< 0,1	< 3	34	49	20
RPP-135-A2-14	< 0,5	< 0,3	1	31	8600	< 2	3,7	< 0,5	46	2,07	< 5	0,4	5,7	0,3	< 3	28,6	30	15
RPP-138-A1-14	3,4	0,9	32	71	40800	< 2	15	< 0,5	180	4,5	< 5	0,64	18	< 0,1	< 3	27,1	146	109
RPP-138-A2-14	6,9	0,5	38	102	33600	< 2	15,7	< 0,5	142	3,48	< 5	0,59	16,1	0,4	< 3	30,1	136	91
RPP-91-14	< 0,5	< 0,3	< 1	13	4200	< 2	< 0,5	< 0,5	26	0,75	< 5	0,18	1,4	< 0,1	< 3	1,58	12	10
RPP-143-14	< 0,5	< 0,3	< 1	7	2400	< 2	< 0,5	< 0,5	35	0,46	< 5	0,06	1,5	< 0,1	< 3	1,52	18	7
RPP-03-A1-14	< 0,5	0,8	< 1	62	38600	< 2	5,6	< 0,5	309	10,6	< 5	0,33	54,6	< 0,1	< 3	33,5	344	1270
RPP-03-A2-14	0,8	0,9	< 1	151	65500	< 2	8,8	< 0,5	389	17,2	< 5	0,03	60,9	0,4	< 3	1,04	509	1080
IL-3135-A-13	< 0,5	< 0,3	< 1	74	300	< 2	4,7	16,8	3110	12	< 5	0,08	36,3	< 0,1	< 3	1,58	804	54
RPP-03-B-14	< 0,5	< 0,3	< 1	62	96,06**	< 2	< 0,5	< 0,5	917	7,7	< 5	0,64	27	< 0,1	< 3	1,96	437	< 1
RPP-03-C-14	< 0,5	1,2	< 1	76	300	< 2	< 0,5	13,8	1720	15,5	< 5	< 0,01	38,1	< 0,1	< 3	1,85	191	2
KTP-1X	0,6	0,9	1	102	9800	20	< 0,5	< 0,5	155	7,83	< 5	1,81	23,3	8,6	< 3	1,61	1200	1190
KTP-1X	0,6	1	< 1	108	10100	48	< 0,5	< 0,5	174	8,32	< 5	1,87	24,4	10	< 3	1,66	1260	1220
AM-71	< 0,5	< 0,3	< 1	26	700	< 2	23,7	< 0,5	1790	5,45	< 5	0,03	16	4,4	< 3	1,13	1620	7

## Annexe 2B – Analyses des ÉGP sur la roche totale

Échantillon	Os (ppb)	Ir (ppb)	Ru (ppb)	Rh (ppb)	Pt (ppb)	Pd (ppb)	Au (ppb)	EGP (ppb)
Limites de détection	0,07	0,03	0,12	0,08	0,08	0,47	0,48	
RPP-04-14	8,37	4,03	6,66	0,70	3,94	4,87	78,12	28,57
RPP-09B-14	0,93	1,12	4,99	0,61	2,75	1,94	1,46	12,34
RPP-41-14	1,22	0,73	4,42	0,38	1,83	2,25	3,41	10,83
RPP-51-14	4,53	2,96	5,13	0,55	4,45	5,02	64,46	22,64
RPP-55-14	8,88	4,31	4,52	0,95	5,37	14,00	54,43	38,03
RPP-59-1-14	2,74	1,53	7,83	2,14	11,73	24,12	149,75	50,09
RPP-59-3-14	1,82	0,83	7,09	1,24	4,94	16,78	2,67	32,69
RPP-59-4-14	1,31	0,72	5,79	0,95	4,52	6,38	0,74	19,68
RPP-68-14	12,76	5,43	5,63	0,50	2,29	2,11	4,25	28,72
RPP-77-14	1,68	1,04	4,14	1,09	7,39	12,96	1,44	28,31
MP-157-A-13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
DB-1128-D-13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
RPP-147-14	1,93	0,89	5,48	0,49	2,96	1,30	1,29	13,05
RPP-01A-14	2,24	2,18	3,60	0,20	2,69	2,00	1,21	12,90
RPP-09A-14	2,14	1,23	2,18	0,53	2,57	5,05	1,29	13,69
RPP-58-14	1,55	0,79	6,71	1,30	8,94	11,90	9,67	31,19
RPP-63C-14	0,39	0,51	1,55	0,69	9,02	5,44	1,64	17,59
RPP-66-14	4,69	2,42	6,31	1,39	7,51	13,40	0,73	35,72
RPP-73-14	5,71	4,70	7,33	2,42	18,60	9,84	2,24	48,61
RPP-74-14	6,88	3,08	6,02	0,36	2,76	3,71	61,04	22,81
RPP-78-14	4,65	3,16	3,73	0,44	3,97	17,25	2,00	33,20
RPP-81-14	6,35	3,90	4,84	0,66	3,86	7,03	< 0,48	26,64
RPP-145-14	6,55	3,30	6,97	1,26	6,45	6,10	1,84	30,63
RPP-146-14	6,75	3,08	5,46	0,78	6,47	14,86	3,29	37,41
DB-1128-A-13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
DB-1128-B-13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
RPP-80-14	7,98	4,59	4,65	0,27	0,86	1,31	3,54	19,67
RPP-18-14	2,80	2,49	4,68	0,97	8,31	7,17	< 0,48	26,41
RPP-24-14	0,18	0,04	0,86	1,21	8,87	16,05	0,50	27,20
RPP-27-14	2,31	1,95	4,03	0,88	7,95	9,05	1,04	26,17
RPP-43-14	2,72	1,61	4,01	1,04	9,79	8,44	< 0,48	27,61
RPP-56-14	1,17	0,49	2,25	1,10	8,03	16,76	1,13	29,79
RPP-87-14	2,90	1,74	4,51	1,09	8,94	7,43	< 0,48	26,61
RPP-106-14	2,32	1,96	4,23	0,97	8,81	8,03	14,88	26,31
RPP-120-A-14	3,09	2,00	4,10	1,01	9,83	6,49	3,16	26,53
RPP-121-14	4,25	2,54	4,89	1,00	7,69	7,89	< 0,48	28,27
RPP-122-14	3,46	1,94	4,25	1,02	9,00	9,03	0,49	28,69
RPP-127-14	2,90	2,18	8,46	1,72	9,41	10,14	< 0,48	34,82
RPP-128-14	3,52	2,27	8,90	1,63	6,81	13,86	< 0,48	36,98
RPP-129-14	2,91	1,76	3,70	0,85	7,38	7,61	1,20	24,21
IL-3143-A-13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
RPP-124-A-14	0,86	0,73	2,59	0,85	10,12	4,53	< 0,48	19,67
RPP-124-B-14	1,21	0,92	3,41	1,20	13,41	11,98	< 0,48	32,12
RPP-126-14	1,13	1,06	3,88	1,03	10,19	12,10	< 0,48	29,39
RPP-28-14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
RPP-108-14	1,48	0,91	2,24	0,55	5,10	4,73	1,09	15,01
RPP-110-14	1,18	1,07	1,98	0,46	4,82	3,72	2,46	13,24
IL-3139-A-13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
RPP-21-14	< 0,07	0,08	< 0,12	0,98	12,54	10,33	< 0,48	23,93
RPP-50-14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
RPP-62A-14	< 0,07	< 0,03	< 0,12	< 0,08	< 0,08	< 0,47	< 0,48	0,00
RPP-63A-14	< 0,07	< 0,03	< 0,12	< 0,08	< 0,08	< 0,47	1,92	0,00
RPP-100-14	0,11	0,36	0,22	0,91	13,55	13,41	0,76	28,57
RPP-111-14	0,33	0,27	0,36	0,50	6,90	8,01	0,60	16,36
DB-1128-C-13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
RPP-26-14	< 0,07	0,25	0,23	0,49	7,62	8,55	< 0,48	17,15
IL-3105-A-13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
SB-4117-A-13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
CB-5074-A-13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
BC-6148-A-13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
JC-8048-A-13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
RPP-01B-14	< 0,07	0,09	0,16	0,11	3,73	6,73	8,52	10,82

## Annexe 2B – Analyses des ÉGP sur la roche totale

Échantillon	Os (ppb)	Ir (ppb)	Ru (ppb)	Rh (ppb)	Pt (ppb)	Pd (ppb)	Au (ppb)	EGP (ppb)
Limites de détection	0,07	0,03	0,12	0,08	0,08	0,47	0,48	
RPP-13-14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
RPP-20-14	0,02	0,06	< 0,12	< 0,08	2,12	1,83	0,52	4,04
RPP-102-14	< 0,07	< 0,03	< 0,12	< 0,08	0,27	0,09	1,04	0,36
RPP-135-A1-14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
RPP-135-A2-14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
RPP-138-A1-14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
RPP-138-A2-14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
RPP-91-14	0,13	< 0,03	0,31	0,08	0,16	< 0,47	0,77	0,68
RPP-143-14	< 0,07	< 0,03	0,12	< 0,08	0,84	< 0,47	0,52	0,96
RPP-03-A1-14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
RPP-03-A2-14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
IL-3135-A-13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
RPP-03-B-14	0,40	0,43	1,31	0,65	9,43	10,39	< 0,48	22,62
RPP-03-C-14	0,43	0,32	0,94	0,42	4,93	2,67	< 0,48	9,72

n.a. = non analysé



# **ANNEXE 3 : LES ANALYSES SUR LA CHIMIE MINÉRALE À LA MICROSONDE ÉLECTRONIQUE**

Annexe 3A : Limites de détection

Annexe 3B : Olivine

Annexe 3C : Orthopyroxène

Annexe 3D : Clinopyroxène

Annexe 3E : Spinelle

Annexe 3F : Ilménite

Annexe 3G : Plagioclase

Annexe 3H : Serpentine

Annexe 3I : Amphibole

Annexe 3J : Chlorite

Annexe 3K : Grénat



## Annexe 3A – Limites de détection

Electron Microprobe Laboratory, McGill University												
Date	2015-Oct-15-16											
Conditions												
Name	JXA JEOL-8900L											
Acc. Voltage	20 kV											
Beam Current	20 nA											
Beam Size	3-10 um											
Correction Method	ZAF											
Counting Time (seconds)	Na2O	MgO	TiO2	K2O	FeO	SiO2	Al2O3	Cr2O3	CaO	MnO	V2O3	NiO
	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Standards												
Amph/Pyroxene/Chlorite/Serpentine	Albite	Diopside	Rutile	Sandine	Hematite	Diopside	Sandine	Chromite	Diopside	Spessartine		NiO
Plag/Kspar	Albite	Diopside		Sandine	Hematite	Sandine	Sandine		Diopside			
Olivine		Olivine			Olivine	Olivine			Diopside	Spessartine		NiO
Chromite/Spinel		Chromite	Rutile		Chromite	Kyanite	Chromite	Chromite		Spessartine	Metal	NiO
Ilmenite		Chromite	Ilmenite		Ilmenite	Kyanite	Chromite	Chromite		Spessartine	Metal	NiO
X-line	Ka	Ka	Ka	Ka	Ka	Ka	Ka	Ka	Ka	Ka	Ka	Ka
Crystal	TAP	TAP	LiF	PET	LiF	TAP	TAP	LiF	PET	LiF	LiF	LiF
Detecion Limits (Element wt%)												
Amph/Pyroxene/Chlorite/Serpentine	0,0391	0,054	0,0667	0,0261	0,0248	0,0529	0,0472	0,0382	0,0331	0,0261		0,0278
Plag/Kspar	0,0331	0,0477		0,0258	0,0249	0,0503	0,0428		0,0326			
Olivine		0,0572			0,0306	0,0651			0,0348	0,027		0,0294
Chromite/Spinel/Ilmenite		0,0807	0,071		0,0338	0,0811	0,0811	0,0463		0,0314	0,0621	0,0348



## Annexe 3B – Olivine

Analyses	Limite de détection (wt%)	Na <sub>2</sub> O n.a.	MgO 0,057	TiO <sub>2</sub> n.a.	K <sub>2</sub> O n.a.	FeO 0,031	SiO <sub>2</sub> 0,065	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> n.a.	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> n.a.	CaO 0,035	MnO 0,027	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub> n.a.	NiO 0,029	Total
Échantillon	Lithologie													
RPP-09-B-14-C4-olivine-1 core	Harburgite	-	48,932	-	-	10,280	40,293	-	-	< 0,035	0,135	-	0,334	99,989
RPP-59-1-C6-olivine core	Harburgite	-	48,454	-	-	10,697	40,162	-	-	< 0,035	0,165	-	0,241	99,719
RPP-59-3-14-C5-olivine core	Harburgite	-	47,825	-	-	11,916	40,321	-	-	< 0,035	0,169	-	0,178	100,411
RPP-147-14-C5-oliv2 core	Harburgite	-	46,163	-	-	12,823	40,668	-	-	< 0,035	0,186	-	0,373	100,219
RPP-04-14-C5-Olivine-1	Harburgite	-	46,637	-	-	12,721	39,730	-	-	< 0,035	0,172	-	0,445	99,710
RPP-09-B-14-C4-olivine-2 rim	Harburgite	-	49,033	-	-	10,118	40,553	-	-	< 0,035	0,139	-	0,308	100,151
RPP-59-1-C6-olivine rim	Harburgite	-	48,596	-	-	10,242	40,520	-	-	< 0,035	0,145	-	0,230	99,734
RPP-59-3-14-C5-olivine rim	Harburgite	-	47,497	-	-	11,542	40,264	-	-	< 0,035	0,148	-	0,149	99,600
RPP-09-B-14-C1-Olivine-1	Harburgite	-	48,296	-	-	10,433	40,404	-	-	< 0,035	0,158	-	0,265	99,560
RPP-55-14-C4-Olivine-1	Harburgite	-	47,361	-	-	11,674	40,579	-	-	< 0,035	0,162	-	0,206	99,991
RPP-55-14-C4-Olivine-2	Harburgite	-	47,821	-	-	11,455	40,550	-	-	< 0,035	0,154	-	0,190	100,170
RPP-59-4-14-C2 olivine	Harburgite	-	47,356	-	-	11,905	40,153	-	-	< 0,035	0,137	-	0,163	99,722
RPP-77-14-C3-oliv-1	Harburgite	-	48,347	-	-	11,287	40,635	-	-	< 0,035	0,132	-	0,189	100,590
RPP-77-14-C3-oliv-2	Harburgite	-	48,079	-	-	11,140	40,743	-	-	< 0,035	0,145	-	0,225	100,333
RPP-77-14-C3-oliv-3	Harburgite	-	48,326	-	-	11,165	41,031	-	-	< 0,035	0,152	-	0,206	100,880
RPP-77-14-C3-oliv-4	Harburgite	-	48,225	-	-	11,230	40,776	-	-	< 0,035	0,123	-	0,203	100,564
RPP-77-14-C5 oliv	Harburgite	-	48,000	-	-	11,004	40,949	-	-	< 0,035	0,139	-	0,213	100,306
RPP-09-B-14-C5-Cpx-1	Harburgite	-	49,622	-	-	10,133	39,129	-	-	< 0,035	0,128	-	0,986	100,013
RPP-58-14-C2-Oliv core	Lherzolite	-	44,664	-	-	15,883	39,824	-	-	< 0,035	0,210	-	0,262	100,843
RPP-145-14-C4-oliv core	Lherzolite	-	44,544	-	-	15,535	39,919	-	-	< 0,035	0,183	-	0,237	100,418
RPP-146-14-C3-oliv core	Lherzolite	-	44,128	-	-	15,034	39,994	-	-	< 0,035	0,192	-	0,360	99,712
RPP-66-14-C1-oliv core	Lherzolite	-	46,457	-	-	13,586	40,378	-	-	< 0,035	0,179	-	0,115	100,721
RPP-58-14-C2-Oliv rim	Lherzolite	-	45,275	-	-	15,121	39,544	-	-	< 0,035	0,211	-	0,291	100,442
RPP-145-14-C4-oliv rim	Lherzolite	-	44,367	-	-	15,363	39,759	-	-	< 0,035	0,203	-	0,227	99,937
RPP-66-14-C1-oliv rim	Lherzolite	-	45,526	-	-	13,692	40,672	-	-	< 0,035	0,185	-	0,108	100,199
RPP-01-A-14-C2-Olivine	Lherzolite	-	42,994	-	-	17,360	39,002	-	-	< 0,035	0,201	-	0,226	99,783
RPP-73-14-C23-oliv1	Lherzolite	-	43,532	-	-	15,943	39,448	-	-	< 0,035	0,356	-	0,107	99,386
RPP-73-14-C23-oliv2	Lherzolite	-	43,702	-	-	16,272	39,573	-	-	< 0,035	0,343	-	0,106	99,999
RPP-63C-14-C1-oliv inclusion	Lherzolite	-	42,280	-	-	17,590	39,604	-	-	0,243	0,350	-	0,120	100,187
RPP-18-14-C1-Olivine-1 core	Webstérite à olivine	-	39,285	-	-	22,480	37,817	-	-	< 0,035	0,303	-	0,249	100,138
RPP-27-14-C2 olivine core	Webstérite à olivine	-	37,666	-	-	23,779	38,029	-	-	< 0,035	0,306	-	0,228	100,031
RPP-27-14-C4-olivine core	Webstérite à olivine	-	38,120	-	-	23,408	38,174	-	-	< 0,035	0,283	-	0,282	100,272
RPP-43-14-C4-olivine core	Webstérite à olivine	-	38,753	-	-	23,357	38,054	-	-	< 0,035	0,302	-	0,243	100,717
RPP-87-14-C2-oliv core	Webstérite à olivine	-	38,814	-	-	21,933	38,630	-	-	< 0,035	0,305	-	0,241	99,923
RPP-106-14-C6-olivine core	Webstérite à olivine	-	38,978	-	-	22,423	38,694	-	-	< 0,035	0,280	-	0,198	100,573
RPP-120A-C4-olivine core	Webstérite à olivine	-	38,740	-	-	22,835	38,478	-	-	< 0,035	0,307	-	0,224	100,596
RPP-121-14-C2-oliv core	Webstérite à olivine	-	40,488	-	-	19,422	38,977	-	-	< 0,035	0,251	-	0,274	99,412
RPP-122-14-C1-oliv core	Webstérite à olivine	-	38,610	-	-	23,130	38,722	-	-	< 0,035	0,280	-	0,241	100,994
RPP-122-14-C2-oliv core	Webstérite à olivine	-	37,938	-	-	23,463	38,426	-	-	< 0,035	0,298	-	0,239	100,366
IL-3143A-13-C1-oliv core	Webstérite à olivine	-	40,047	-	-	21,176	38,841	-	-	< 0,035	0,287	-	0,193	100,551
IL-3143A-13-C4-oliv core	Webstérite à olivine	-	40,643	-	-	21,020	38,687	-	-	< 0,035	0,274	-	0,205	100,834

## Annexe 3B – Olivine

Analyses	Limite de détection (wt%)	Na <sub>2</sub> O n.a.	MgO 0,057	TiO <sub>2</sub> n.a.	K <sub>2</sub> O n.a.	FeO 0,031	SiO <sub>2</sub> 0,065	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> n.a.	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> n.a.	CaO 0,035	MnO 0,027	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub> n.a.	NiO 0,029	Total
Échantillon	Lithologie													
RPP-24-14-C1 olivine core	Webstérite à olivine	-	38,696	-	-	23,214	38,522	-	-	< 0,035	0,321	-	0,182	100,935
RPP-127-14-C5-olivine core	Webstérite à olivine	-	41,448	-	-	19,040	39,333	-	-	< 0,035	0,258	-	0,168	100,247
RPP-128-14-C1-oliv core	Webstérite à olivine	-	40,877	-	-	20,085	39,144	-	-	< 0,035	0,335	-	0,165	100,627
RPP-18-14-C1-Olivine-2 rim	Webstérite à olivine	-	39,303	-	-	22,341	37,793	-	-	< 0,035	0,279	-	0,203	99,928
RPP-27-14-C2 olivine rim	Webstérite à olivine	-	37,721	-	-	23,731	37,942	-	-	< 0,035	0,296	-	0,301	99,991
RPP-27-14-C4-olivine rim	Webstérite à olivine	-	38,231	-	-	23,603	38,489	-	-	< 0,035	0,325	-	0,276	100,936
RPP-43-14-C4-olivine rim	Webstérite à olivine	-	37,773	-	-	23,657	38,079	-	-	< 0,035	0,291	-	0,245	100,066
RPP-87-14-C2-oliv rim	Webstérite à olivine	-	38,788	-	-	22,360	38,493	-	-	< 0,035	0,318	-	0,255	100,228
RPP-106-14-C6-olivine rim	Webstérite à olivine	-	38,763	-	-	23,099	38,422	-	-	< 0,035	0,293	-	0,204	100,785
RPP-120A-C4-olivine rim	Webstérite à olivine	-	38,215	-	-	23,259	38,318	-	-	< 0,035	0,305	-	0,243	100,355
RPP-121-14-C2-oliv rim	Webstérite à olivine	-	40,968	-	-	19,389	39,204	-	-	< 0,035	0,260	-	0,284	100,109
RPP-122-14-C1-oliv rim	Webstérite à olivine	-	38,359	-	-	23,135	38,749	-	-	< 0,035	0,314	-	0,257	100,819
RPP-122-14-C2-oliv rim	Webstérite à olivine	-	37,895	-	-	23,456	38,387	-	-	< 0,035	0,307	-	0,241	100,290
IL-3143A-13-C1-oliv rim	Webstérite à olivine	-	39,779	-	-	20,993	38,926	-	-	< 0,035	0,251	-	0,177	100,132
IL-3143A-13-C4-oliv rim	Webstérite à olivine	-	40,504	-	-	20,995	38,901	-	-	< 0,035	0,243	-	0,182	100,825
RPP-24-14-C1 olivine rim	Webstérite à olivine	-	37,776	-	-	23,163	38,297	-	-	< 0,035	0,321	-	0,159	99,718
RPP-127-14-C5-olivine rim	Webstérite à olivine	-	41,861	-	-	19,024	39,503	-	-	< 0,035	0,278	-	0,148	100,814
RPP-128-14-C1-oliv rim	Webstérite à olivine	-	41,295	-	-	19,885	39,068	-	-	< 0,035	0,270	-	0,173	100,696
RPP-56-14-C2-oliv	Webstérite à olivine	-	41,135	-	-	20,213	39,185	-	-	< 0,035	0,229	-	0,070	100,832
RPP-56-14-C2-oliv2	Webstérite à olivine	-	39,759	-	-	20,583	38,585	-	-	< 0,035	0,264	-	0,077	99,293
RPP124A-14-C1-olivine core	Webstérite à olivine tardive	-	28,205	-	-	35,619	35,990	-	-	< 0,035	0,459	-	0,175	100,469
RPP-124B-14-C2-olivine core	Webstérite à olivine tardive	-	33,820	-	-	28,283	37,111	-	-	< 0,035	0,453	-	0,046	99,713
RPP-126-14-C4 olivine core	Webstérite à olivine tardive	-	31,522	-	-	30,661	36,556	-	-	< 0,035	0,350	-	0,251	99,352
RPP-124B-14-C2-olivine rim	Webstérite à olivine tardive	-	33,938	-	-	27,996	37,042	-	-	< 0,035	0,417	-	0,068	99,468
RPP-126-14-C4 olivine rim	Webstérite à olivine tardive	-	32,057	-	-	30,597	36,535	-	-	< 0,035	0,339	-	0,213	99,764
RPP-126-14-C3-olivine incl	Webstérite à olivine tardive	-	32,225	-	-	29,990	37,118	-	-	< 0,035	0,352	-	0,250	99,935
RPP-110-14-C2-oliv core	Amphibolite	-	32,501	-	-	30,300	37,389	-	-	< 0,035	0,461	-	0,106	100,765
IL3139-A-13-C2-olivine-core	Amphibolite	-	34,063	-	-	28,015	37,045	-	-	< 0,035	0,531	-	0,226	99,890
RPP-110-14-C2-oliv rim	Amphibolite	-	32,816	-	-	30,148	37,489	-	-	< 0,035	0,480	-	0,088	101,021
IL3139-A-13-C2-olivine-rim	Amphibolite	-	33,718	-	-	28,180	36,914	-	-	< 0,035	0,500	-	0,207	99,546

n.a. = non analysé

## Annexe 3B – Olivine

Basé sur 40 (The rock-forming minerals)		Mg	Fe	Si	Mn	Ni	TOTAL	TOTAL-Si *2
Échantillon	Lithologie							
RPP-09-B-14-C4-olivine-1 core	Harburgite	1,859	0,219	1,027	0,003	0,007	3,115	2,088
RPP-59-1-C6-olivine core	Harburgite	1,841	0,228	1,023	0,004	0,005	3,101	2,077
RPP-59-3-14-C5-olivine core	Harburgite	1,817	0,254	1,027	0,004	0,004	3,106	2,078
RPP-147-14-C5-oliv2 core	Harburgite	1,754	0,273	1,036	0,004	0,008	3,075	2,039
RPP-04-14-C5-Olivine-1	Harburgite	1,772	0,271	1,012	0,004	0,009	3,068	2,056
RPP-09-B-14-C4-olivine-2 rim	Harburgite	1,863	0,216	1,033	0,003	0,006	3,121	2,088
RPP-59-1-C6-olivine rim	Harburgite	1,846	0,218	1,033	0,003	0,005	3,105	2,072
RPP-59-3-14-C5-olivine rim	Harburgite	1,804	0,246	1,026	0,003	0,003	3,083	2,057
RPP-09-B-14-C1-Olivine-1	Harburgite	1,835	0,222	1,030	0,003	0,005	3,096	2,066
RPP-55-14-C4-Olivine-1	Harburgite	1,799	0,249	1,034	0,003	0,004	3,090	2,056
RPP-55-14-C4-Olivine-2	Harburgite	1,817	0,244	1,033	0,003	0,004	3,101	2,068
RPP-59-4-14-C2 olivine	Harburgite	1,799	0,254	1,023	0,003	0,003	3,082	2,059
RPP-77-14-C3-oliv-1	Harburgite	1,837	0,241	1,035	0,003	0,004	3,119	2,084
RPP-77-14-C3-oliv-2	Harburgite	1,827	0,237	1,038	0,003	0,005	3,110	2,072
RPP-77-14-C3-oliv-3	Harburgite	1,836	0,238	1,046	0,003	0,004	3,127	2,081
RPP-77-14-C3-oliv-4	Harburgite	1,832	0,239	1,039	0,003	0,004	3,117	2,078
RPP-77-14-C5 oliv	Harburgite	1,824	0,234	1,043	0,003	0,004	3,109	2,065
RPP-09-B-14-C5-Cpx-1	Harburgite	1,885	0,216	0,997	0,003	0,020	3,122	2,124
RPP-58-14-C2-Oliv core	Lherzolite	1,697	0,338	1,015	0,005	0,005	3,060	2,045
RPP-145-14-C4-oliv core	Lherzolite	1,692	0,331	1,017	0,004	0,005	3,049	2,032
RPP-146-14-C3-oliv core	Lherzolite	1,676	0,320	1,019	0,004	0,007	3,028	2,008
RPP-66-14-C1-oliv core	Lherzolite	1,765	0,289	1,029	0,004	0,002	3,090	2,061
RPP-58-14-C2-Oliv rim	Lherzolite	1,720	0,322	1,008	0,005	0,006	3,060	2,053
RPP-145-14-C4-oliv rim	Lherzolite	1,686	0,327	1,013	0,004	0,005	3,036	2,022
RPP-66-14-C1-oliv rim	Lherzolite	1,730	0,292	1,036	0,004	0,002	3,064	2,028
RPP-01-A-14-C2-Olivine	Lherzolite	1,633	0,370	0,994	0,004	0,005	3,006	2,012
RPP-73-14-C23-oliv1	Lherzolite	1,654	0,340	1,005	0,008	0,002	3,009	2,003
RPP-73-14-C23-oliv2	Lherzolite	1,660	0,347	1,008	0,007	0,002	3,025	2,017
RPP-63C-14-C1-oliv inclusion	Lherzolite	1,606	0,375	1,009	0,008	0,002	3,007	1,998
RPP-18-14-C1-Olivine-1 core	Webstérite à olivine	1,492	0,479	0,964	0,007	0,005	2,947	1,983
RPP-27-14-C2 olivine core	Webstérite à olivine	1,431	0,507	0,969	0,007	0,005	2,919	1,950
RPP-27-14-C4-olivine core	Webstérite à olivine	1,448	0,499	0,973	0,006	0,006	2,932	1,959
RPP-43-14-C4-olivine core	Webstérite à olivine	1,472	0,498	0,970	0,007	0,005	2,951	1,982
RPP-87-14-C2-oliv core	Webstérite à olivine	1,475	0,467	0,984	0,007	0,005	2,938	1,953
RPP-106-14-C6-olivine core	Webstérite à olivine	1,481	0,478	0,986	0,006	0,004	2,955	1,969
RPP-120A-C4-olivine core	Webstérite à olivine	1,472	0,487	0,981	0,007	0,005	2,950	1,970
RPP-121-14-C2-oliv core	Webstérite à olivine	1,538	0,414	0,993	0,005	0,006	2,956	1,963
RPP-122-14-C1-oliv core	Webstérite à olivine	1,467	0,493	0,987	0,006	0,005	2,958	1,971
RPP-122-14-C2-oliv core	Webstérite à olivine	1,441	0,500	0,979	0,006	0,005	2,932	1,953
IL-3143A-13-C1-oliv core	Webstérite à olivine	1,521	0,451	0,990	0,006	0,004	2,973	1,983
IL-3143A-13-C4-oliv core	Webstérite à olivine	1,544	0,448	0,986	0,006	0,004	2,988	2,002

## Annexe 3B – Olivine

Basé sur 40 (The rock-forming minerals)		Mg	Fe	Si	Mn	Ni	TOTAL	TOTAL-Si *2
Échantillon	Lithologie							
RPP-24-14-C1 olivine core	Webstérite à olivine	1,470	0,495	0,982	0,007	0,004	2,957	1,975
RPP-127-14-C5-olivine core	Webstérite à olivine	1,575	0,406	1,002	0,006	0,003	2,992	1,989
RPP-128-14-C1-oliv core	Webstérite à olivine	1,553	0,428	0,997	0,007	0,003	2,990	1,992
RPP-18-14-C1-Olivine-2 rim	Webstérite à olivine	1,493	0,476	0,963	0,006	0,004	2,943	1,980
RPP-27-14-C2 olivine rim	Webstérite à olivine	1,433	0,506	0,967	0,006	0,006	2,918	1,951
RPP-27-14-C4-olivine rim	Webstérite à olivine	1,452	0,503	0,981	0,007	0,006	2,949	1,968
RPP-43-14-C4-olivine rim	Webstérite à olivine	1,435	0,504	0,970	0,006	0,005	2,921	1,951
RPP-87-14-C2-oliv rim	Webstérite à olivine	1,474	0,476	0,981	0,007	0,005	2,943	1,962
RPP-106-14-C6-olivine rim	Webstérite à olivine	1,473	0,492	0,979	0,006	0,004	2,955	1,975
RPP-120A-C4-olivine rim	Webstérite à olivine	1,452	0,496	0,976	0,007	0,005	2,936	1,959
RPP-121-14-C2-oliv rim	Webstérite à olivine	1,556	0,413	0,999	0,006	0,006	2,980	1,981
RPP-122-14-C1-oliv rim	Webstérite à olivine	1,457	0,493	0,987	0,007	0,005	2,950	1,962
RPP-122-14-C2-oliv rim	Webstérite à olivine	1,440	0,500	0,978	0,007	0,005	2,929	1,951
IL-3143A-13-C1-oliv rim	Webstérite à olivine	1,511	0,447	0,992	0,005	0,004	2,960	1,968
IL-3143A-13-C4-oliv rim	Webstérite à olivine	1,539	0,447	0,991	0,005	0,004	2,986	1,995
RPP-24-14-C1 olivine rim	Webstérite à olivine	1,435	0,494	0,976	0,007	0,003	2,915	1,939
RPP-127-14-C5-olivine rim	Webstérite à olivine	1,590	0,405	1,007	0,006	0,003	3,011	2,005
RPP-128-14-C1-oliv rim	Webstérite à olivine	1,569	0,424	0,996	0,006	0,004	2,998	2,002
RPP-56-14-C2-oliv	Webstérite à olivine	1,563	0,431	0,999	0,005	0,001	2,998	2,000
RPP-56-14-C2-oliv2	Webstérite à olivine	1,510	0,439	0,983	0,006	0,002	2,940	1,957
RPP124A-14-C1-olivine core	Webstérite à olivine tardive	1,072	0,759	0,917	0,010	0,004	2,762	1,845
RPP-124B-14-C2-olivine core	Webstérite à olivine tardive	1,285	0,603	0,946	0,010	0,001	2,844	1,898
RPP-126-14-C4 olivine core	Webstérite à olivine tardive	1,198	0,653	0,932	0,008	0,005	2,795	1,864
RPP-124B-14-C2-olivine rim	Webstérite à olivine tardive	1,289	0,597	0,944	0,009	0,001	2,840	1,896
RPP-126-14-C4 olivine rim	Webstérite à olivine tardive	1,218	0,652	0,931	0,007	0,004	2,813	1,882
RPP-126-14-C3-olivine incl	Webstérite à olivine tardive	1,224	0,639	0,946	0,008	0,005	2,822	1,876
RPP-110-14-C2-oliv core	Amphibolite	1,235	0,646	0,953	0,010	0,002	2,845	1,893
IL3139-A-13-C2-olivine-core	Amphibolite	1,294	0,597	0,944	0,011	0,005	2,851	1,907
RPP-110-14-C2-oliv rim	Amphibolite	1,247	0,642	0,955	0,010	0,002	2,857	1,901
IL3139-A-13-C2-olivine-rim	Amphibolite	1,281	0,600	0,941	0,011	0,004	2,838	1,897



## Annexe 3C – Orthopyroxène

Analyses	Limite de détection (wt%)	SiO <sub>2</sub> 0,053	TiO <sub>2</sub> 0,067	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,047	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,038	MgO 0,054	CaO 0,033	MnO 0,026	FeO 0,025	NiO 0,028	Na <sub>2</sub> O 0,039	K <sub>2</sub> O 0,026	Total
Échantillon	Lithologie												
RPP-04-14-C1-Opx-1 core	Harburgite	56,476	0,074	1,744	0,141	33,300	0,123	0,164	8,041	0,054	< 0,039	< 0,026	100,117
RPP-04-14-C1-Opx-2 rim	Harburgite	56,374	0,120	1,480	0,163	33,337	0,150	0,183	8,125	0,072	< 0,039	< 0,026	100,004
RPP-09-B-14-C3-Opx-1 core	Harburgite	56,717	0,118	1,349	0,094	34,455	0,090	0,185	7,233	0,043	< 0,039	< 0,026	100,284
RPP-09-B-14-C3-Opx-2- rim	Harburgite	56,837	< 0,067	1,021	< 0,038	34,884	0,116	0,154	7,067	0,051	< 0,039	< 0,026	100,130
RPP-09-B-14-C4-Opx-1	Harburgite	56,517	0,116	1,292	0,080	34,570	0,113	0,200	7,067	0,036	< 0,039	< 0,026	99,991
RPP-55-14-C2-Opx core	Harburgite	56,366	< 0,067	1,370	0,106	33,694	0,141	0,172	7,945	0,037	< 0,039	< 0,026	99,831
RPP-55-14-C2-Opx rim	Harburgite	56,618	0,087	1,316	0,103	34,076	0,140	0,157	7,929	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,426
RPP-59-1-C2-Opx	Harburgite	56,795	0,094	0,953	0,120	34,649	0,117	0,176	7,218	0,037	< 0,039	< 0,026	100,159
RPP-59-1-C3-Opx core	Harburgite	56,591	0,069	1,419	0,131	34,427	0,139	0,163	7,216	0,047	< 0,039	< 0,026	100,202
RPP-59-1-C3-Opx rim	Harburgite	56,614	0,071	1,414	0,135	34,033	0,143	0,159	7,208	0,037	< 0,039	< 0,026	99,814
RPP-59-3-14-C1-Opx core	Harburgite	56,372	0,067	1,235	0,109	33,684	0,149	0,186	8,147	0,036	< 0,039	< 0,026	99,985
RPP-59-3-14-C1-Opx rim	Harburgite	56,657	< 0,067	1,363	0,112	34,019	0,152	0,180	8,032	0,037	< 0,039	< 0,026	100,552
RPP-59-3-14-C3-Opx core	Harburgite	56,820	0,094	1,321	0,135	34,067	0,142	0,176	7,927	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,682
RPP-59-3-14-C3-Opx rim	Harburgite	56,738	0,071	1,582	0,126	33,822	0,166	0,174	8,093	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,772
RPP-59-3-14-C4-Opx	Harburgite	56,857	< 0,067	1,133	0,144	33,956	0,144	0,182	7,947	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,363
RPP-59-4-14-C4 Opx core	Harburgite	56,829	< 0,067	0,923	0,113	33,489	0,103	0,171	8,123	< 0,028	< 0,039	< 0,026	99,751
RPP-59-4-14-C4 Opx rim	Harburgite	56,494	0,094	1,178	0,138	33,483	0,107	0,184	8,347	0,044	< 0,039	< 0,026	100,069
RPP-68-14-C2 Opx core	Harburgite	56,998	0,121	1,194	0,137	35,030	0,124	0,172	6,904	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,680
RPP-68-14-C2 Opx rim	Harburgite	57,115	0,096	1,330	0,165	34,681	0,118	0,200	6,913	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,618
RPP-77-14-C4 opx core	Harburgite	56,562	0,126	1,239	0,125	33,931	0,133	0,165	7,592	0,036	< 0,039	< 0,026	99,909
RPP-77-14-C4 opx rim	Harburgite	56,147	0,102	1,595	0,057	33,480	0,148	0,156	7,557	0,043	< 0,039	< 0,026	99,285
RPP-147-14-C6-opx core	Harburgite	56,451	< 0,067	1,213	0,135	33,079	0,148	0,179	8,114	0,079	< 0,039	< 0,026	99,398
RPP-147-14-C6-opx rim	Harburgite	55,880	0,112	1,882	0,044	33,258	0,153	0,208	8,556	0,055	< 0,039	< 0,026	100,148
MP-157A-13-C3-opx core	Harburgite	56,841	0,085	1,156	0,147	34,959	0,121	0,158	6,498	0,067	< 0,039	< 0,026	100,032
MP-157A-13-C3-opx rim	Harburgite	56,260	0,081	1,744	0,095	33,901	0,142	0,174	6,950	0,048	< 0,039	< 0,026	99,395
MP-157A-13-C4-opx core	Harburgite	56,860	0,072	1,050	0,133	34,500	0,124	0,169	6,655	0,058	< 0,039	< 0,026	99,621
MP-157A-13-C4-opx rim	Harburgite	56,754	< 0,067	1,146	0,165	34,215	0,113	0,172	6,653	0,074	< 0,039	< 0,026	99,292
RPP-01-A-14-C3-Opx-1 center	Lherzolite	56,242	< 0,067	0,887	0,052	31,502	0,129	0,228	10,787	< 0,028	< 0,039	< 0,026	99,827
RPP-58-14-C1-opx core	Lherzolite	56,509	< 0,067	1,435	0,114	32,388	0,164	0,220	9,819	0,044	< 0,039	< 0,026	100,693
RPP-58-14-C1-opx rim	Lherzolite	55,967	0,093	1,597	0,100	31,703	0,176	0,219	10,000	0,028	< 0,039	< 0,026	99,883
RPP-58-14-C4-opx core	Lherzolite	56,252	< 0,067	1,563	0,102	32,167	0,188	0,221	10,094	0,033	< 0,039	< 0,026	100,620
RPP-58-14-C4-opx rim	Lherzolite	56,454	< 0,067	1,430	0,096	32,115	0,161	0,239	10,199	0,029	< 0,039	< 0,026	100,723
RPP-66-14-C2-opx core	Lherzolite	56,420	< 0,067	1,383	0,117	32,766	0,154	0,245	8,984	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,069
RPP-66-14-C2-opx rim	Lherzolite	56,005	< 0,067	1,590	0,086	32,258	0,193	0,232	9,093	< 0,028	< 0,039	< 0,026	99,457
RPP-145-14-C3-opx core	Lherzolite	55,952	< 0,067	1,591	0,125	32,337	0,153	0,211	9,484	0,040	< 0,039	< 0,026	99,893
RPP-145-14-C3-opx rim	Lherzolite	55,542	0,084	1,811	0,065	31,914	0,137	0,232	10,140	0,035	< 0,039	< 0,026	99,960
RPP-145-14-C4-opx	Lherzolite	55,861	0,102	1,500	0,077	31,628	0,173	0,222	9,851	< 0,028	< 0,039	< 0,026	99,414
RPP-145-14-C4-opx2	Lherzolite	55,877	0,113	1,653	0,130	32,235	0,166	0,201	9,382	0,054	< 0,039	< 0,026	99,811
RPP-146-14-C2-opx core	Lherzolite	56,198	0,080	1,435	0,125	32,215	0,134	0,231	9,574	0,054	< 0,039	< 0,026	100,046
RPP-146-14-C2-opx rim	Lherzolite	55,941	0,087	1,548	0,094	31,686	0,176	0,202	9,933	0,049	< 0,039	< 0,026	99,716
RPP-80-14-C2-opx core	Webstérite	56,268	< 0,067	1,017	0,106	33,883	0,121	0,107	7,886	0,066	< 0,039	< 0,026	99,454

## Annexe 3C – Orthopyroxène

Analyses		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	MnO	FeO	NiO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Total
	Limite de détection (wt%)	0,053	0,067	0,047	0,038	0,054	0,033	0,026	0,025	0,028	0,039	0,026	
Échantillon	Lithologie												
RPP-80-14-C2-opx rim	Webstérite	56,096	0,096	1,526	0,084	34,060	0,112	0,138	8,064	0,049	< 0,039	< 0,026	100,225
RPP-80-14-C5-opx2 core	Webstérite	56,732	< 0,067	0,914	0,137	33,726	0,142	0,144	7,682	0,044	< 0,039	< 0,026	99,521
RPP-80-14-C5-opx2 rim	Webstérite	55,884	0,096	1,977	0,133	32,955	0,136	0,137	8,392	0,041	< 0,039	< 0,026	99,751
IL-3143A-13-C5-opx core	Webstérite à olivine	54,502	< 0,067	2,094	< 0,038	29,692	0,187	0,265	13,012	< 0,028	< 0,039	< 0,026	99,752
IL-3143A-13-C5-opx rim	Webstérite à olivine	54,489	0,080	2,187	< 0,038	29,327	0,236	0,257	13,041	0,047	< 0,039	< 0,026	99,664
RPP-106-14-C2-Opx core	Webstérite à olivine	55,067	< 0,067	2,128	0,101	28,581	0,214	0,303	13,997	0,044	< 0,039	< 0,026	100,435
RPP-106-14-C2-Opx rim	Webstérite à olivine	54,971	< 0,067	2,083	0,056	28,486	0,231	0,284	13,907	0,039	< 0,039	< 0,026	100,057
RPP-120A-C2-Opx	Webstérite à olivine	54,652	< 0,067	2,113	0,069	28,555	0,196	0,315	14,203	0,028	< 0,039	< 0,026	100,131
RPP-120A-C2-Opx rim	Webstérite à olivine	54,174	0,103	1,985	0,067	28,182	0,204	0,335	14,150	0,048	< 0,039	< 0,026	99,248
RPP-121-14-C6-opx core	Webstérite à olivine	54,864	< 0,067	2,030	0,097	29,973	0,192	0,275	12,565	0,034	< 0,039	< 0,026	100,030
RPP-121-14-C6-opx rim	Webstérite à olivine	54,866	0,086	2,083	0,118	29,439	0,191	0,296	12,738	0,042	< 0,039	< 0,026	99,859
RPP-122-14-C5-opx core	Webstérite à olivine	54,614	0,042	1,975	0,074	28,598	0,181	0,293	14,507	0,046	< 0,039	< 0,026	100,330
RPP-122-14-C5-opx rim	Webstérite à olivine	54,632	0,110	1,751	0,072	28,000	0,206	0,300	14,679	0,052	< 0,039	< 0,026	99,802
RPP-127-14-C4-Opx	Webstérite à olivine	55,012	< 0,067	2,193	0,043	30,024	0,187	0,275	11,680	0,031	< 0,039	< 0,026	99,445
RPP-128-14-C2-opx core	Webstérite à olivine	54,911	< 0,067	2,082	0,044	30,219	0,170	0,295	12,653	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,374
RPP-128-14-C2-opx rim	Webstérite à olivine	54,856	< 0,067	2,234	0,061	29,732	0,211	0,312	12,523	0,051	< 0,039	< 0,026	99,980
RPP-128-14-C5-opx core	Webstérite à olivine	55,033	0,086	1,739	0,119	29,964	0,214	0,320	12,609	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,084
RPP-128-14-C5-opx rim	Webstérite à olivine	55,380	0,086	1,697	0,087	29,900	0,237	0,321	12,670	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,378
RPP-18-14-C2-Opx-1	Webstérite à olivine	54,640	0,073	1,829	0,064	29,639	0,239	0,303	13,598	0,031	< 0,039	< 0,026	100,416
RPP-27-14-C3-Opx	Webstérite à olivine	54,682	0,082	2,070	0,065	28,970	0,253	0,304	14,033	0,055	< 0,039	< 0,026	100,514
RPP-27-14-C5-Opx-1	Webstérite à olivine	54,794	< 0,067	2,061	0,064	29,154	0,217	0,317	14,233	0,029	< 0,039	< 0,026	100,869
RPP-43-14-C1-Opx core	Webstérite à olivine	54,432	0,095	2,101	0,065	28,715	0,196	0,276	14,213	0,041	< 0,039	< 0,026	100,134
RPP-43-14-C1-Opx rim	Webstérite à olivine	55,032	< 0,067	1,864	< 0,038	29,253	0,181	0,301	14,001	0,031	< 0,039	< 0,026	100,663
RPP-56-14-C1-opx	Webstérite à olivine	55,163	< 0,067	1,984	0,083	29,916	0,197	0,263	12,686	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,292
RPP-56-14-C2-opx core	Webstérite à olivine	55,314	< 0,067	1,947	< 0,038	30,052	0,174	0,268	12,712	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,467
RPP-56-14-C2-opx rim	Webstérite à olivine	55,403	< 0,067	2,020	0,091	30,073	0,195	0,250	12,681	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,713
RPP-56-14-C5-opx core	Webstérite à olivine	55,089	0,088	1,956	0,061	29,888	0,197	0,291	12,636	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,206
RPP-56-14-C5-opx rim	Webstérite à olivine	55,472	< 0,067	1,542	< 0,038	30,064	0,152	0,269	12,708	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,207
RPP-87-14-C4-opx core	Webstérite à olivine	54,341	0,084	1,960	0,054	28,767	0,238	0,340	13,744	0,029	< 0,039	< 0,026	99,557
RPP-87-14-C4-opx rim	Webstérite à olivine	54,627	0,073	1,990	0,045	29,156	0,239	0,335	13,692	0,041	< 0,039	< 0,026	100,198
RPP-124A-14-C3-Opx core	Webstérite à olivine tardive	53,758	< 0,067	1,229	< 0,038	24,620	0,330	0,407	19,488	0,030	< 0,039	< 0,026	99,862
RPP-124B-14-C4-Opx	Webstérite à olivine tardive	54,235	< 0,067	2,574	0,067	27,067	0,193	0,342	15,453	< 0,028	< 0,039	< 0,026	99,931
RPP-126-14-C3-Opx core	Webstérite à olivine tardive	53,953	< 0,067	1,803	0,070	26,210	0,232	0,295	17,175	0,038	< 0,039	< 0,026	99,776

## Annexe 3C – Orthopyroxène

Basé sur 60 (Philippe Pagé, 2006)		Si	Ti	Al	Cr	Fe*	Mg	Ca	Mn	Ni	total	Si <sup>4+</sup>	Ti <sup>4+</sup>	2- (Si+T i)	Al <sup>iv</sup>	Al	Si+Ti +Al <sup>iv</sup>	Al <sup>vi</sup>
Échantillon	Lithologie																	
RPP-04-14-C1-Opx-1 core	Harburgite	1,958	0,002	0,071	0,004	0,233	1,721	0,005	0,005	0,002	4,000	1,958	0,002	0,040	0,040	0,071	2,000	0,031
RPP-04-14-C1-Opx-2 rim	Harburgite	1,957	0,003	0,061	0,004	0,236	1,726	0,006	0,005	0,002	4,000	1,957	0,003	0,039	0,039	0,061	2,000	0,021
RPP-09-B-14-C3-Opx-1 core	Harburgite	1,953	0,003	0,055	0,003	0,208	1,769	0,003	0,005	0,001	4,000	1,953	0,003	0,044	0,044	0,055	2,000	0,011
RPP-09-B-14-C3-Opx-2- rim	Harburgite	1,956	-	0,041	-	0,203	1,789	0,004	0,004	0,001	4,000	1,956	-	0,044	0,041	0,041	1,997	0,000
RPP-09-B-14-C4-Opx-1	Harburgite	1,950	0,003	0,053	0,002	0,204	1,778	0,004	0,006	0,001	4,000	1,950	0,003	0,047	0,047	0,053	2,000	0,005
RPP-55-14-C2-Opx core	Harburgite	1,956	-	0,056	0,003	0,231	1,743	0,005	0,005	0,001	4,000	1,956	-	0,044	0,044	0,056	2,000	0,012
RPP-55-14-C2-Opx rim	Harburgite	1,952	0,002	0,053	0,003	0,229	1,751	0,005	0,005	-	4,000	1,952	0,002	0,046	0,046	0,053	2,000	0,008
RPP-59-1-C2-Opx	Harburgite	1,957	0,002	0,039	0,003	0,208	1,780	0,004	0,005	0,001	4,000	1,957	0,002	0,040	0,039	0,039	1,998	0,000
RPP-59-1-C3-Opx core	Harburgite	1,950	0,002	0,058	0,004	0,208	1,768	0,005	0,005	0,001	4,000	1,950	0,002	0,048	0,048	0,058	2,000	0,009
RPP-59-1-C3-Opx rim	Harburgite	1,960	0,002	0,058	0,004	0,209	1,757	0,005	0,005	0,001	4,000	1,960	0,002	0,038	0,038	0,058	2,000	0,020
RPP-59-3-14-C1-Opx core	Harburgite	1,955	0,002	0,050	0,003	0,236	1,741	0,006	0,005	0,001	4,000	1,955	0,002	0,043	0,043	0,050	2,000	0,007
RPP-59-3-14-C1-Opx rim	Harburgite	1,952	-	0,055	0,003	0,231	1,747	0,006	0,005	0,001	4,000	1,952	-	0,048	0,048	0,055	2,000	0,007
RPP-59-3-14-C3-Opx core	Harburgite	1,955	0,002	0,054	0,004	0,228	1,747	0,005	0,005	-	4,000	1,955	0,002	0,043	0,043	0,054	2,000	0,011
RPP-59-3-14-C3-Opx rim	Harburgite	1,952	0,002	0,064	0,003	0,233	1,735	0,006	0,005	-	4,000	1,952	0,002	0,046	0,046	0,064	2,000	0,018
RPP-59-3-14-C4-Opx	Harburgite	1,963	-	0,046	0,004	0,229	1,747	0,005	0,005	-	4,000	1,963	-	0,037	0,037	0,046	2,000	0,009
RPP-59-4-14-C4 Opx core	Harburgite	1,977	-	0,038	0,003	0,236	1,737	0,004	0,005	-	4,000	1,977	-	0,023	0,023	0,038	2,000	0,015
RPP-59-4-14-C4 Opx rim	Harburgite	1,961	0,002	0,048	0,004	0,242	1,732	0,004	0,005	0,001	4,000	1,961	0,002	0,037	0,037	0,048	2,000	0,011
RPP-68-14-C2 Opx core	Harburgite	1,951	0,003	0,048	0,004	0,198	1,787	0,005	0,005	-	4,000	1,951	0,003	0,046	0,046	0,048	2,000	0,002
RPP-68-14-C2 Opx rim	Harburgite	1,958	0,002	0,054	0,004	0,198	1,773	0,004	0,006	-	4,000	1,958	0,002	0,039	0,039	0,054	2,000	0,015
RPP-77-14-C4 opx core	Harburgite	1,960	0,003	0,051	0,003	0,220	1,752	0,005	0,005	0,001	4,000	1,960	0,003	0,037	0,037	0,051	2,000	0,013
RPP-77-14-C4 opx rim	Harburgite	1,958	0,003	0,066	0,002	0,220	1,740	0,006	0,005	0,001	4,000	1,958	0,003	0,039	0,039	0,066	2,000	0,026
RPP-147-14-C6-opx core	Harburgite	1,973	-	0,050	0,004	0,237	1,723	0,006	0,005	0,002	4,000	1,973	-	0,027	0,027	0,050	2,000	0,023
RPP-147-14-C6-opx rim	Harburgite	1,938	0,003	0,077	0,001	0,248	1,719	0,006	0,006	0,002	4,000	1,938	0,003	0,059	0,059	0,077	2,000	0,018
MP-157A-13-C3-opx core	Harburgite	1,956	0,002	0,047	0,004	0,187	1,793	0,004	0,005	0,002	4,000	1,956	0,002	0,042	0,042	0,047	2,000	0,005
MP-157A-13-C3-opx rim	Harburgite	1,954	0,002	0,071	0,003	0,202	1,756	0,005	0,005	0,001	4,000	1,954	0,002	0,043	0,043	0,071	2,000	0,028
MP-157A-13-C4-opx core	Harburgite	1,968	0,002	0,043	0,004	0,193	1,780	0,005	0,005	0,002	4,000	1,968	0,002	0,030	0,030	0,043	2,000	0,013
MP-157A-13-C4-opx rim	Harburgite	1,972	-	0,047	0,005	0,193	1,772	0,004	0,005	0,002	4,000	1,972	-	0,028	0,028	0,047	2,000	0,019
RPP-01-A-14-C3-Opx-1 center	Lherzolite	1,980	-	0,037	0,001	0,318	1,653	0,005	0,007	-	4,000	1,980	-	0,020	0,020	0,037	2,000	0,016
RPP-58-14-C1-opx core	Lherzolite	1,962	-	0,059	0,003	0,285	1,677	0,006	0,006	0,001	4,000	1,962	-	0,038	0,038	0,059	2,000	0,021
RPP-58-14-C1-opx rim	Lherzolite	1,963	0,002	0,066	0,003	0,293	1,658	0,007	0,007	0,001	4,000	1,963	0,002	0,034	0,034	0,066	2,000	0,032
RPP-58-14-C4-opx core	Lherzolite	1,957	-	0,064	0,003	0,294	1,668	0,007	0,007	0,001	4,000	1,957	-	0,043	0,043	0,064	2,000	0,021
RPP-58-14-C4-opx rim	Lherzolite	1,963	-	0,059	0,003	0,297	1,665	0,006	0,007	0,001	4,000	1,963	-	0,037	0,037	0,059	2,000	0,022
RPP-66-14-C2-opx core	Lherzolite	1,965	-	0,057	0,003	0,262	1,701	0,006	0,007	-	4,000	1,965	-	0,035	0,035	0,057	2,000	0,021
RPP-66-14-C2-opx rim	Lherzolite	1,964	-	0,066	0,002	0,267	1,687	0,007	0,007	-	4,000	1,964	-	0,036	0,036	0,066	2,000	0,030
RPP-145-14-C3-opx core	Lherzolite	1,956	-	0,066	0,003	0,277	1,685	0,006	0,006	0,001	4,000	1,956	-	0,044	0,044	0,066	2,000	0,021
RPP-145-14-C3-opx rim	Lherzolite	1,945	0,002	0,075	0,002	0,297	1,666	0,005	0,007	0,001	4,000	1,945	0,002	0,053	0,053	0,075	2,000	0,022
RPP-145-14-C4-opx	Lherzolite	1,968	0,003	0,062	0,002	0,290	1,661	0,007	0,007	-	4,000	1,968	0,003	0,029	0,029	0,062	2,000	0,033
RPP-145-14-C4-opx2	Lherzolite	1,955	0,003	0,068	0,004	0,275	1,682	0,006	0,006	0,002	4,000	1,955	0,003	0,042	0,042	0,068	2,000	0,027
RPP-146-14-C2-opx core	Lherzolite	1,964	0,002	0,059	0,003	0,280	1,678	0,005	0,007	0,002	4,000	1,964	0,002	0,034	0,034	0,059	2,000	0,025

## Annexe 3C – Orthopyroxène

Basé sur 60 (Philippe Pagé, 2006)		Si	Ti	Al	Cr	Fe*	Mg	Ca	Mn	Ni	total	Si <sup>4+</sup>	Ti <sup>4+</sup>	2- (Si+T i)	Al <sup>iv</sup>	Al	Si+Ti +Al <sup>iv</sup>	Al <sup>vi</sup>
Échantillon	Lithologie																	
RPP-146-14-C2-opx rim	Lherzolite	1,965	0,002	0,064	0,003	0,292	1,660	0,007	0,006	0,001	4,000	1,965	0,002	0,032	0,032	0,064	2,000	0,032
RPP-80-14-C2-opx core	Webstérite	1,958	-	0,042	0,003	0,230	1,758	0,005	0,003	0,002	4,000	1,958	-	0,042	0,042	0,042	2,000	0,000
RPP-80-14-C2-opx rim	Webstérite	1,937	0,002	0,062	0,002	0,233	1,753	0,004	0,004	0,001	4,000	1,937	0,002	0,060	0,060	0,062	2,000	0,002
RPP-80-14-C5-opx2 core	Webstérite	1,975	-	0,037	0,004	0,224	1,750	0,005	0,004	0,001	4,000	1,975	-	0,025	0,025	0,037	2,000	0,012
RPP-80-14-C5-opx2 rim	Webstérite	1,947	0,003	0,081	0,004	0,244	1,711	0,005	0,004	0,001	4,000	1,947	0,003	0,051	0,051	0,081	2,000	0,030
IL-3143A-13-C5-opx core	Webstérite à olivine	1,937	-	0,088	-	0,387	1,573	0,007	0,008	-	4,000	1,937	-	0,063	0,063	0,088	2,000	0,025
IL-3143A-13-C5-opx rim	Webstérite à olivine	1,942	0,002	0,092	-	0,389	1,558	0,009	0,008	0,001	4,000	1,942	0,002	0,056	0,056	0,092	2,000	0,036
RPP-106-14-C2-Opx core	Webstérite à olivine	1,958	-	0,089	0,003	0,416	1,515	0,008	0,009	0,001	4,000	1,958	-	0,042	0,042	0,089	2,000	0,047
RPP-106-14-C2-Opx rim	Webstérite à olivine	1,962	-	0,088	0,002	0,415	1,515	0,009	0,009	0,001	4,000	1,962	-	0,038	0,038	0,088	2,000	0,049
RPP-120A-C2-Opx	Webstérite à olivine	1,949	-	0,089	0,002	0,424	1,518	0,007	0,010	0,001	4,000	1,949	-	0,051	0,051	0,089	2,000	0,038
RPP-120A-C2-Opx rim	Webstérite à olivine	1,952	0,003	0,084	0,002	0,426	1,514	0,008	0,010	0,001	4,000	1,952	0,003	0,046	0,046	0,084	2,000	0,039
RPP-121-14-C6-opx core	Webstérite à olivine	1,942	-	0,085	0,003	0,372	1,582	0,007	0,008	0,001	4,000	1,942	-	0,058	0,058	0,085	2,000	0,027
RPP-121-14-C6-opx rim	Webstérite à olivine	1,951	0,002	0,087	0,003	0,379	1,560	0,007	0,009	0,001	4,000	1,951	0,002	0,047	0,047	0,087	2,000	0,040
RPP-122-14-C5-opx core	Webstérite à olivine	1,946	0,001	0,083	0,002	0,432	1,519	0,007	0,009	0,001	4,000	1,946	0,001	0,053	0,053	0,083	2,000	0,030
RPP-122-14-C5-opx rim	Webstérite à olivine	1,962	0,003	0,074	0,002	0,441	1,499	0,008	0,009	0,002	4,000	1,962	0,003	0,035	0,035	0,074	2,000	0,039
RPP-127-14-C4-Opx	Webstérite à olivine	1,954	-	0,092	0,001	0,347	1,590	0,007	0,008	0,001	4,000	1,954	-	0,046	0,046	0,092	2,000	0,046
RPP-128-14-C2-opx core	Webstérite à olivine	1,936	-	0,087	0,001	0,373	1,588	0,006	0,009	-	4,000	1,936	-	0,064	0,064	0,087	2,000	0,022
RPP-128-14-C2-opx rim	Webstérite à olivine	1,944	-	0,093	0,002	0,371	1,571	0,008	0,009	0,001	4,000	1,944	-	0,056	0,056	0,093	2,000	0,037
RPP-128-14-C5-opx core	Webstérite à olivine	1,949	0,002	0,073	0,003	0,373	1,582	0,008	0,010	-	4,000	1,949	0,002	0,049	0,049	0,073	2,000	0,024
RPP-128-14-C5-opx rim	Webstérite à olivine	1,957	0,002	0,071	0,002	0,374	1,575	0,009	0,010	-	4,000	1,957	0,002	0,041	0,041	0,071	2,000	0,030
RPP-18-14-C2-Opx-1	Webstérite à olivine	1,934	0,002	0,076	0,002	0,403	1,564	0,009	0,009	0,001	4,000	1,934	0,002	0,064	0,064	0,076	2,000	0,012
RPP-27-14-C3-Opx	Webstérite à olivine	1,940	0,002	0,087	0,002	0,416	1,532	0,010	0,009	0,002	4,000	1,940	0,002	0,058	0,058	0,087	2,000	0,029
RPP-27-14-C5-Opx-1	Webstérite à olivine	1,937	-	0,086	0,002	0,421	1,536	0,008	0,009	0,001	4,000	1,937	-	0,063	0,063	0,086	2,000	0,023
RPP-43-14-C1-Opx core	Webstérite à olivine	1,941	0,003	0,088	0,002	0,424	1,526	0,007	0,008	0,001	4,000	1,941	0,003	0,057	0,057	0,088	2,000	0,031
RPP-43-14-C1-Opx rim	Webstérite à olivine	1,948	-	0,078	-	0,414	1,543	0,007	0,009	0,001	4,000	1,948	-	0,052	0,052	0,078	2,000	0,025
RPP-56-14-C1-opx	Webstérite à olivine	1,949	-	0,083	0,002	0,375	1,576	0,007	0,008	-	4,000	1,949	-	0,051	0,051	0,083	2,000	0,032
RPP-56-14-C2-opx core	Webstérite à olivine	1,950	-	0,081	-	0,375	1,580	0,007	0,008	-	4,000	1,950	-	0,050	0,050	0,081	2,000	0,031
RPP-56-14-C2-opx rim	Webstérite à olivine	1,949	-	0,084	0,003	0,373	1,577	0,007	0,007	-	4,000	1,949	-	0,051	0,051	0,084	2,000	0,033
RPP-56-14-C5-opx core	Webstérite à olivine	1,949	0,002	0,082	0,002	0,374	1,576	0,007	0,009	-	4,000	1,949	0,002	0,049	0,049	0,082	2,000	0,032
RPP-56-14-C5-opx rim	Webstérite à olivine	1,961	-	0,064	-	0,376	1,585	0,006	0,008	-	4,000	1,961	-	0,039	0,039	0,064	2,000	0,026
RPP-87-14-C4-opx core	Webstérite à olivine	1,946	0,002	0,083	0,002	0,412	1,536	0,009	0,010	0,001	4,000	1,946	0,002	0,052	0,052	0,083	2,000	0,031
RPP-87-14-C4-opx rim	Webstérite à olivine	1,941	0,002	0,083	0,001	0,407	1,545	0,009	0,010	0,001	4,000	1,941	0,002	0,057	0,057	0,083	2,000	0,027
RPP-124A-14-C3-Opx core	Webstérite à olivine tardive	1,974	-	0,053	-	0,598	1,348	0,013	0,013	0,001	4,000	1,974	-	0,026	0,026	0,053	2,000	0,027
RPP-124B-14-C4-Opx	Webstérite à olivine tardive	1,953	-	0,109	0,002	0,465	1,453	0,007	0,010	-	4,000	1,953	-	0,047	0,047	0,109	2,000	0,062
RPP-126-14-C3-Opx core	Webstérite à olivine tardive	1,960	-	0,077	0,002	0,522	1,420	0,009	0,009	0,001	4,000	1,960	-	0,040	0,040	0,077	2,000	0,037

## Annexe 3D – Clinopyroxène

Analyses	Limite de détection (wt%)	SiO <sub>2</sub> 0,053	TiO <sub>2</sub> 0,067	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,047	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,038	MgO 0,054	CaO 0,033	MnO 0,026	FeO 0,025	NiO 0,028	Na <sub>2</sub> O 0,039	K <sub>2</sub> O 0,026	Total
Échantillon	Lithologie												
RPP-63C-14-C1-cpx core	Lherzolite	54,282	0,159	0,984	0,175	17,221	25,157	0,088	2,595	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,661
RPP-63C-14-C1-cpx rim	Lherzolite	53,948	0,374	1,285	0,046	17,202	25,057	0,106	2,582	0,035	< 0,039	< 0,026	100,635
RPP-63C-14-C2-cpx core	Lherzolite	53,880	0,255	1,368	0,260	17,090	25,120	0,112	2,648	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,733
RPP-63C-14-C2-cpx rim	Lherzolite	53,870	0,176	1,024	0,114	17,475	25,158	0,107	2,557	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,481
RPP-63C-14-C5-cpx inclusion	Lherzolite	54,543	0,145	0,704	0,105	17,603	25,001	0,091	2,577	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,769
RPP-73-14-C1-cpx core	Lherzolite	53,650	0,283	1,163	0,025	17,511	25,079	0,116	2,565	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,392
RPP-73-14-C1-cpx rim	Lherzolite	53,722	0,351	1,463	0,181	17,555	24,783	0,123	2,388	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,566
RPP-62A-14-C1-Cpx	Gabbro	53,331	0,114	0,854	0,027	15,463	24,499	0,271	5,800	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,359
RPP-62A-14-C2-Cpx	Gabbro	52,548	0,219	1,574	0,051	15,276	24,481	0,279	5,580	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,008
RPP-62A-14-C3-Cpx	Gabbro	53,197	0,135	1,175	< 0,038	15,523	24,499	0,278	5,796	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,603
RPP-62A-14-C1-Hb bright	Gabbro	53,434	0,100	1,036	< 0,038	15,542	24,734	0,282	5,093	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,221
RPP-62A-14-C2-Hb bright	Gabbro	53,254	0,082	0,981	< 0,038	15,607	24,731	0,277	5,041	< 0,028	< 0,039	< 0,026	99,973
RPP-62A-14-C3-Hb bright	Gabbro	53,474	0,084	1,038	0,052	15,589	24,722	0,275	5,083	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,317
RPP-63-A-14-C6 Amph	Gabbro	50,245	0,690	3,617	0,068	13,517	25,006	0,076	7,176	< 0,028	< 0,039	< 0,026	100,395
RPP-63-A-14-C3 amph	Gabbro	49,809	0,778	3,906	0,048	12,981	24,913	0,089	7,188	< 0,028	< 0,039	< 0,026	99,712
RPP-63-A-14-C4 amph bright	Gabbro	48,230	1,147	5,385	< 0,038	12,106	24,812	0,077	7,686	< 0,028	< 0,039	< 0,026	99,443
RPP-63-A-14-C4 amph dark	Gabbro	52,060	0,389	1,467	0,047	13,933	24,969	0,115	6,688	< 0,028	< 0,039	< 0,026	99,668

Basé sur 60 (Philippe Pagé, 2006)		Si	Ti	Al	Cr	Fe*	Mg	Ca	Mn	Ni	total	Si <sup>4+</sup>	Ti <sup>4+</sup>	2- (Si+Ti )	Al <sup>iv</sup>	Al	Si+Ti +Al <sup>iv</sup>	Al <sup>vi</sup>
Échantillon	Lithologie																	
RPP-63C-14-C1-cpx core	Lherzolite	1,964	0,004	0,042	0,005	0,079	0,929	0,975	0,003	-	4,000	1,964	0,004	0,032	0,032	0,042	2,000	0,010
RPP-63C-14-C1-cpx rim	Lherzolite	1,952	0,010	0,055	0,001	0,078	0,928	0,971	0,003	0,001	4,000	1,952	0,010	0,038	0,038	0,055	2,000	0,017
RPP-63C-14-C2-cpx core	Lherzolite	1,949	0,007	0,058	0,007	0,080	0,921	0,973	0,003	-	4,000	1,949	0,007	0,044	0,044	0,058	2,000	0,014
RPP-63C-14-C2-cpx rim	Lherzolite	1,949	0,005	0,044	0,003	0,077	0,943	0,975	0,003	-	4,000	1,949	0,005	0,046	0,044	0,044	1,998	0,000
RPP-63C-14-C5-cpx inclusion	Lherzolite	1,969	0,004	0,030	0,003	0,078	0,947	0,967	0,003	-	4,000	1,969	0,004	0,027	0,027	0,030	2,000	0,002
RPP-73-14-C1-cpx core	Lherzolite	1,943	0,008	0,050	0,001	0,078	0,945	0,973	0,004	-	4,000	1,943	0,008	0,050	0,050	0,050	2,000	0,000
RPP-73-14-C1-cpx rim	Lherzolite	1,942	0,010	0,062	0,005	0,072	0,946	0,960	0,004	-	4,000	1,942	0,010	0,049	0,049	0,062	2,000	0,013
RPP-62A-14-C1-Cpx	Gabbro	1,960	0,003	0,037	0,001	0,178	0,847	0,965	0,008	-	4,000	1,960	0,003	0,037	0,037	0,037	2,000	0,000
RPP-62A-14-C2-Cpx	Gabbro	1,937	0,006	0,068	0,001	0,172	0,839	0,967	0,009	-	4,000	1,937	0,006	0,057	0,057	0,068	2,000	0,011
RPP-62A-14-C3-Cpx	Gabbro	1,949	0,004	0,051	-	0,178	0,848	0,962	0,009	-	4,000	1,949	0,004	0,047	0,047	0,051	2,000	0,004
RPP-62A-14-C1-Hb bright	Gabbro	1,963	0,003	0,045	-	0,156	0,851	0,973	0,009	-	4,000	1,963	0,003	0,035	0,035	0,045	2,000	0,010
RPP-62A-14-C2-Hb bright	Gabbro	1,960	0,002	0,043	-	0,155	0,856	0,975	0,009	-	4,000	1,960	0,002	0,038	0,038	0,043	2,000	0,005
RPP-62A-14-C3-Hb bright	Gabbro	1,962	0,002	0,045	0,002	0,156	0,853	0,972	0,009	-	4,000	1,962	0,002	0,036	0,036	0,045	2,000	0,009
RPP-63-A-14-C6 Amph	Gabbro	1,859	0,019	0,158	0,002	0,222	0,746	0,991	0,002	-	4,000	1,859	0,019	0,121	0,121	0,158	2,000	0,036
RPP-63-A-14-C3 amph	Gabbro	1,859	0,022	0,172	0,001	0,224	0,722	0,996	0,003	-	4,000	1,859	0,022	0,119	0,119	0,172	2,000	0,053
RPP-63-A-14-C4 amph bright	Gabbro	1,810	0,032	0,238	-	0,241	0,677	0,998	0,002	-	4,000	1,810	0,032	0,157	0,157	0,238	2,000	0,081
RPP-63-A-14-C4 amph dark	Gabbro	1,940	0,011	0,064	0,001	0,208	0,774	0,997	0,004	-	4,000	1,940	0,011	0,049	0,049	0,064	2,000	0,015



## Annexe 3E – Spinelle

Analyses			SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeOt	MnO	MgO	CoO	NiO	ZnO	Total
		Limite de détection (wt%)	0,081	0,071	0,062	0,081	0,046	0,034	0,031	0,081	n.a.	0,035	n.a.	
Échantillon	Type de spinelle	Lithologie												
RPP-04-14-C2-Chromite-1	Chromite	Harburgite	< 0,081	< 0,071	0,155	43,137	23,720	19,859	0,166	12,923	-	0,116	-	100,076
RPP-09-B-14-C1-chromite-2	Chromite	Harburgite	< 0,081	0,295	0,425	22,710	39,368	29,816	0,291	6,806	-	0,058	-	99,769
RPP-55-14-C1-chromite-2 core	Chromite	Harburgite	< 0,081	< 0,071	0,195	43,445	22,526	18,892	0,145	13,907	-	0,061	-	99,171
RPP-59-1-C5-Chromite core brig	Chromite	Harburgite	< 0,081	0,185	0,214	24,073	44,062	21,604	0,252	10,062	-	0,048	-	100,500
RPP-59-3-14-C2-chromite-2 core	Chromite	Harburgite	< 0,081	0,230	0,232	24,013	42,059	25,889	0,282	7,954	-	< 0,035	-	100,659
RPP-59-3-14-C2-chromite	Chromite	Harburgite	< 0,081	0,156	0,189	26,666	40,039	24,492	0,260	8,978	-	< 0,035	-	100,780
RPP-59-4-14-C3 chromite core b	Chromite	Harburgite	< 0,081	0,248	0,204	18,663	47,922	26,365	0,285	6,580	-	< 0,035	-	100,267
RPP-04-14-C2-Chromite-1	Chromite	Harburgite	< 0,081	0,053	0,155	43,137	23,720	19,859	0,166	12,923	-	0,116	-	100,129
RPP-68-14-C3 chromite core dar	Chromite	Harburgite	< 0,081	0,014	0,121	46,687	21,743	16,481	0,148	15,335	-	0,122	-	100,651
RPP-41-14-C1-chromite core	Chromite	Harburgite	< 0,081	0,111	0,164	37,699	27,326	22,100	0,226	11,532	-	0,070	-	99,228
RPP-41-14-C4-chromite core	Chromite	Harburgite	< 0,081	< 0,071	0,218	36,896	29,256	21,896	0,237	11,411	-	0,075	-	99,989
RPP-41-14-C5-chromite core	Chromite	Harburgite	< 0,081	0,098	0,209	34,361	31,231	23,908	0,266	10,089	-	0,081	-	100,243
RPP-55-14-C1-chromite-2 core	Chromite	Harburgite	< 0,081	< 0,071	0,195	43,445	22,526	18,892	0,145	13,907	-	0,061	-	99,171
RPP-77-14-C1-chromite core	Chromite	Harburgite	< 0,081	0,136	0,341	29,020	36,954	22,720	0,223	9,776	-	0,039	-	99,209
RPP-77-14-C1-chromite2	Chromite	Harburgite	< 0,081	< 0,071	0,219	48,115	18,616	17,082	0,146	15,398	-	0,069	-	99,645
RPP-147-14-C2-chromite core da	Chromite	Harburgite	0,094	0,163	0,232	28,201	37,828	23,699	0,247	8,628	-	0,072	-	99,164
RPP-147-14-C4-chromite core	Chromite	Harburgite	< 0,081	0,128	0,217	26,845	38,052	25,310	0,271	8,554	-	< 0,035	-	99,377
RPP-147-14-C2-chromite middle	Chromite	Harburgite	< 0,081	0,263	0,221	17,235	48,643	26,595	0,353	6,607	-	0,054	-	99,971
MP-157A-13-C2-chromite core	Chromite	Harburgite	< 0,081	0,103	0,159	30,028	36,946	21,071	0,250	11,156	-	0,035	-	99,748
RPP-01-A-14-C2-chromite center	Chromite	Lherzolite	< 0,081	0,157	0,198	30,613	32,284	28,811	0,323	7,038	-	0,059	-	99,483
RPP-09-A-14-C1-Chromite-1 cent	Chromite	Lherzolite	< 0,081	0,084	0,136	37,521	28,254	23,628	0,276	10,870	-	0,042	-	100,811
RPP-09-A-14-C1-Chromite-2	Chromite	Lherzolite	< 0,081	0,080	0,128	37,629	27,897	23,633	0,289	10,730	-	0,068	-	100,454
RPP-58-14-C3-chromite core	Chromite	Lherzolite	< 0,081	0,171	0,209	30,206	34,460	25,382	0,277	8,860	-	0,066	-	99,631
RPP-63C-14-C4-chromite core	Chromite	Lherzolite	< 0,081	0,300	0,180	19,309	43,156	30,229	0,479	5,574	-	< 0,035	-	99,227
RPP-63C-14-C4-chromite2	Chromite	Lherzolite	< 0,081	< 0,071	0,116	46,645	19,043	21,578	0,220	12,594	-	0,087	-	100,283
RPP-66-14-C4-chromite core	Chromite	Lherzolite	< 0,081	0,088	0,085	31,618	33,777	24,924	0,246	9,080	-	< 0,035	-	99,818
RPP-73-14-C3-chromite core	Chromite	Lherzolite	< 0,081	0,151	0,161	33,480	30,531	26,812	0,403	8,705	-	< 0,035	-	100,243
RPP-78-14-C3 chromite core	Chromite	Lherzolite	< 0,081	0,101	0,145	31,688	33,083	24,125	0,287	9,410	-	0,064	-	98,903
RPP-81-14-C3-chromite core	Chromite	Lherzolite	< 0,081	0,109	0,163	30,338	34,900	24,499	0,262	9,370	-	0,047	-	99,688
RPP-145-14-C3-chromite core	Chromite	Lherzolite	< 0,081	< 0,071	0,113	37,425	27,802	23,202	0,225	11,182	-	0,078	-	100,027
RPP-146-14-C1-chromite core	Chromite	Lherzolite	< 0,081	0,152	0,141	28,153	36,982	26,790	0,269	7,834	-	0,055	-	100,376
RPP-24-14-C4-chromite core	Chromite	Webstérite à olivine	< 0,081	0,194	0,290	30,584	31,766	31,047	0,316	5,734	-	< 0,035	-	99,931
RPP-56-14-C4-chromite core	Chromite	Webstérite à olivine	< 0,081	0,159	0,161	33,384	30,758	28,759	0,265	7,205	-	< 0,035	-	100,691
RPP-106-14-C3-chromite core	Chromite	Webstérite à olivine	< 0,081	< 0,071	0,149	45,145	18,795	25,639	0,180	9,965	-	0,154	-	100,027
RPP-120A-C5-chromite core	Chromite	Webstérite à olivine	< 0,081	0,153	0,158	40,705	21,963	28,203	0,220	8,441	-	0,099	-	99,942
RPP-121-14-C7-chromite core	Chromite	Webstérite à olivine	< 0,081	0,095	0,109	35,673	28,300	27,285	0,253	8,223	-	0,079	-	100,017
RPP-122-14-C4-chromite core	Chromite	Webstérite à olivine	< 0,081	0,124	0,130	37,783	24,664	29,299	0,221	7,746	-	0,114	-	100,081
RPP-127-14-C3-chromite core	Chromite	Webstérite à olivine	< 0,081	0,294	0,302	27,381	36,126	28,884	0,325	6,843	-	< 0,035	-	100,155
RPP-128-14-C3-chromite core	Chromite	Webstérite à olivine	< 0,081	0,164	0,180	36,055	27,357	27,767	0,265	8,470	-	0,076	-	100,334
RPP-129-14-C1-chromite core	Chromite	Webstérite à olivine	< 0,081	< 0,071	0,115	41,076	22,261	27,790	0,265	8,893	-	0,094	-	100,494
RPP-55-14-C1-chromite-1 core	Hercynite	Harburgite	< 0,081	< 0,071	0,154	55,732	11,281	15,133	0,110	17,396	-	0,143	-	99,949

## Annexe 3E – Spinelle

Analyses			SiO <sub>2</sub> 0,081	TiO <sub>2</sub> 0,071	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,062	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,081	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,046	FeOt 0,034	MnO 0,031	MgO 0,081	CoO n.a.	NiO 0,035	ZnO n.a.	Total
Échantillon	Type de spinelle	Lithologie												
RPP-147-14-C1-chromite	Hercynite	Harburgite	< 0,081	< 0,071	0,078	58,617	8,382	14,593	0,106	17,747	-	0,334	-	99,857
RPP-09-A-14-C5-chromite-core	Hercynite	Lherzolite	< 0,081	< 0,071	0,110	49,930	16,288	17,466	0,184	15,545	-	0,121	-	99,644
RPP-66-14-C1-chromite inclusio	Hercynite	Lherzolite	< 0,081	< 0,071	< 0,062	55,471	10,624	16,618	0,104	16,164	-	0,069	-	99,050
RPP-66-14-C2-chromite inclusio	Hercynite	Lherzolite	< 0,081	< 0,071	< 0,062	53,512	13,123	15,462	0,133	17,140	-	0,098	-	99,468
RPP-73-14-C3-chromite2	Hercynite	Lherzolite	< 0,081	0,074	0,075	60,009	5,428	16,145	0,165	17,327	-	0,133	-	99,356
RPP-74-14-C2-chromite	Hercynite	Lherzolite	< 0,081	< 0,071	0,098	50,186	16,844	16,740	0,156	15,902	-	0,166	-	100,092
RPP-74-14-C2-chromite2	Hercynite	Lherzolite	< 0,081	< 0,071	0,071	53,571	12,636	15,345	0,133	17,070	-	0,238	-	99,064
RPP-78-14-C3 chromite2	Hercynite	Lherzolite	< 0,081	< 0,071	0,078	55,434	10,949	15,924	0,126	16,740	-	0,154	-	99,405
RPP-81-14-C3-chromite2	Hercynite	Lherzolite	< 0,081	< 0,071	0,094	53,217	13,688	16,804	0,153	16,378	-	0,177	-	100,511
RPP-18-14-C2-Chromite-1	Hercynite	Webstérîte à olivine	< 0,081	< 0,071	0,100	56,019	8,854	21,746	0,130	13,082	-	0,257	-	100,188
RPP-18-14-C3-Chromite-1 core-	Hercynite	Webstérîte à olivine	< 0,081	< 0,071	0,077	54,682	10,020	22,393	0,147	12,998	-	0,219	-	100,536
RPP-24-14-C3 chromite core	Hercynite	Webstérîte à olivine	< 0,081	< 0,071	0,153	49,267	13,393	24,897	0,183	10,534	-	0,128	-	98,555
RPP-27-14-C1-chromite core bri	Hercynite	Webstérîte à olivine	< 0,081	0,075	0,081	52,012	12,293	25,012	0,175	10,935	-	0,231	-	100,814
RPP-27-14-C5-Chromite	Hercynite	Webstérîte à olivine	< 0,081	< 0,071	< 0,062	57,253	7,441	21,299	0,163	13,540	-	0,340	-	100,036
RPP-43-14-C5-chromite core bri	Hercynite	Webstérîte à olivine	< 0,081	< 0,071	0,122	51,431	12,792	23,654	0,156	11,477	-	0,216	-	99,848
RPP-43-14-C6-chromite core	Hercynite	Webstérîte à olivine	< 0,081	< 0,071	0,069	57,045	7,174	22,237	0,137	13,319	-	0,270	-	100,251
RPP-87-14-C1-chromite core	Hercynite	Webstérîte à olivine	< 0,081	< 0,071	0,118	49,342	13,336	24,054	0,191	11,896	-	0,184	-	99,121
RPP-120A-C5-spinel	Hercynite	Webstérîte à olivine	< 0,081	< 0,071	0,062	55,335	8,558	22,430	0,150	12,879	-	0,271	-	99,685
RPP-127-14-C4-chromite core	Hercynite	Webstérîte à olivine	< 0,081	< 0,071	0,118	51,702	13,027	20,651	0,188	13,458	-	0,128	-	99,272
IL-3143A-13-C2-chromite core	Hercynite	Webstérîte à olivine	< 0,081	< 0,071	0,104	55,739	8,701	21,125	0,130	14,020	-	0,212	-	100,031
RPP-124B-14-C3-spinel core	Hercynite	Webstérîte à olivine tardive	< 0,081	< 0,071	0,118	51,899	11,583	25,921	0,205	10,892	-	0,099	-	100,717
RPP-124B-14-C3-spinel-2	Hercynite	Webstérîte à olivine tardive	< 0,081	< 0,071	0,125	60,685	3,168	22,594	0,168	13,733	-	0,111	-	100,584
RPP-108-14-C3-chromite core	Hercynite	Amphibolite	< 0,081	< 0,071	0,099	56,598	5,758	24,978	0,167	11,935	-	0,291	-	99,826
RPP-108-14-C4-chromite	Hercynite	Amphibolite	< 0,081	0,077	< 0,062	58,648	3,351	25,208	0,178	11,866	-	0,306	-	99,634
RPP-110-14-C1-chromite core	Hercynite	Amphibolite	< 0,081	0,082	0,120	50,148	11,119	29,123	0,217	9,049	-	0,131	-	99,989
IL3139-A-13-C4-spinel-core	Hercynite	Amphibolite	< 0,081	0,264	0,077	56,483	3,899	25,222	0,163	10,834	-	0,352	-	97,294

n.a. = non analysé



## Annexe 3E – Spinelle

Basé sur 32O (Philippe Pagé, 2006)		Cr	Ti	V	Al	Fe3+	Fe2+	Mn	Mg	Ni	Cations divalents	Cations trivalents	Total
Échantillon	Lithologie												
RPP-04-14-C2-Chromite-1	Harburgite	0,532	0,000	0,002	1,442	0,022	0,449	0,004	0,546	0,003	1,001	1,996	2,999
RPP-09-B-14-C1-chromite-2	Harburgite	0,996	0,007	0,007	0,856	0,120	0,678	0,008	0,324	0,001	1,012	1,972	2,997
RPP-55-14-C1-chromite-2 core	Harburgite	0,505	0,000	0,003	1,452	0,038	0,410	0,003	0,587	0,001	1,002	1,994	2,999
RPP-59-1-C5-Chromite core brig	Harburgite	1,079	0,004	0,003	0,879	0,026	0,534	0,007	0,465	0,001	1,007	1,985	2,999
RPP-59-3-14-C2-chromite-2 core	Harburgite	1,043	0,005	0,004	0,888	0,051	0,628	0,007	0,372	0,000	1,008	1,982	2,998
RPP-59-3-14-C2-chromite	Harburgite	0,975	0,004	0,003	0,968	0,044	0,587	0,007	0,412	0,000	1,006	1,987	2,999
RPP-59-4-14-C3 chromite core b	Harburgite	1,231	0,006	0,003	0,715	0,035	0,682	0,008	0,319	0,000	1,008	1,981	2,999
RPP-04-14-C2-Chromite-1	Harburgite	0,531	0,001	0,002	1,441	0,021	0,450	0,004	0,546	0,003	1,003	1,993	2,999
RPP-68-14-C3 chromite core dark	Harburgite	0,472	0,000	0,002	1,512	0,011	0,367	0,003	0,628	0,003	1,001	1,996	2,999
RPP-41-14-C1-chromite core	Harburgite	0,634	0,002	0,002	1,305	0,051	0,492	0,006	0,505	0,002	1,004	1,990	2,999
RPP-41-14-C4-chromite core	Harburgite	0,678	0,000	0,003	1,275	0,041	0,496	0,006	0,498	0,002	1,002	1,993	2,999
RPP-41-14-C5-chromite core	Harburgite	0,735	0,002	0,003	1,206	0,048	0,548	0,007	0,448	0,002	1,004	1,989	2,999
RPP-55-14-C1-chromite-2 core	Harburgite	0,505	0,000	0,003	1,452	0,038	0,410	0,003	0,587	0,001	1,002	1,994	2,999
RPP-77-14-C1-chromite core	Harburgite	0,898	0,003	0,005	1,052	0,033	0,552	0,006	0,448	0,001	1,007	1,983	2,998
RPP-77-14-C1-chromite2	Harburgite	0,405	0,000	0,003	1,561	0,028	0,365	0,003	0,632	0,002	1,002	1,994	2,999
RPP-147-14-C2-chromite core da	Harburgite	0,931	0,004	0,003	1,035	0,019	0,598	0,007	0,400	0,002	1,006	1,985	2,999
RPP-147-14-C4-chromite core	Harburgite	0,939	0,003	0,003	0,988	0,060	0,600	0,007	0,398	0,000	1,005	1,987	2,999
RPP-147-14-C2-chromite middle	Harburgite	1,260	0,006	0,003	0,666	0,054	0,675	0,010	0,323	0,001	1,009	1,980	2,999
MP-157A-13-C2-chromite core	Harburgite	0,883	0,002	0,002	1,070	0,038	0,494	0,006	0,502	0,001	1,004	1,990	2,999
RPP-01-A-14-C2-chromite center	Lherzolite	0,791	0,004	0,003	1,119	0,076	0,671	0,008	0,325	0,001	1,006	1,986	2,999
RPP-09-A-14-C1-Chromite-1 cent	Lherzolite	0,651	0,002	0,002	1,289	0,052	0,523	0,007	0,472	0,001	1,003	1,992	2,999
RPP-09-A-14-C1-Chromite-2	Lherzolite	0,645	0,002	0,002	1,297	0,051	0,527	0,007	0,467	0,002	1,003	1,993	2,999
RPP-58-14-C3-chromite core	Lherzolite	0,835	0,004	0,003	1,092	0,058	0,592	0,007	0,405	0,002	1,006	1,986	2,999
RPP-63C-14-C4-chromite core	Lherzolite	1,122	0,007	0,003	0,749	0,109	0,723	0,013	0,273	0,000	1,009	1,979	2,999
RPP-63C-14-C4-chromite2	Lherzolite	0,421	0,000	0,002	1,539	0,036	0,469	0,005	0,525	0,002	1,001	1,997	2,999
RPP-66-14-C4-chromite core	Lherzolite	0,812	0,002	0,001	1,133	0,048	0,585	0,006	0,411	0,000	1,003	1,993	2,999
RPP-73-14-C3-chromite core	Lherzolite	0,727	0,003	0,002	1,189	0,072	0,604	0,010	0,391	0,000	1,005	1,988	2,999
RPP-78-14-C3 chromite core	Lherzolite	0,799	0,002	0,002	1,141	0,050	0,566	0,007	0,429	0,002	1,004	1,991	2,999
RPP-81-14-C3-chromite core	Lherzolite	0,842	0,003	0,002	1,092	0,056	0,570	0,007	0,426	0,001	1,004	1,990	2,999
RPP-145-14-C3-chromite core	Lherzolite	0,643	0,000	0,002	1,291	0,062	0,506	0,006	0,488	0,002	1,001	1,997	2,999
RPP-146-14-C1-chromite core	Lherzolite	0,904	0,004	0,002	1,027	0,058	0,635	0,007	0,361	0,001	1,005	1,988	2,999
RPP-24-14-C4-chromite core	Webstérite à olivine	0,782	0,005	0,004	1,123	0,076	0,733	0,008	0,266	0,000	1,008	1,982	2,998
RPP-56-14-C4-chromite core	Webstérite à olivine	0,737	0,004	0,002	1,194	0,057	0,673	0,007	0,326	0,000	1,005	1,988	2,999
RPP-106-14-C3-chromite core	Webstérite à olivine	0,426	0,000	0,002	1,524	0,046	0,568	0,004	0,425	0,004	1,001	1,996	2,999
RPP-120A-C5-chromite core	Webstérite à olivine	0,511	0,003	0,002	1,411	0,067	0,627	0,005	0,370	0,002	1,005	1,989	2,999
RPP-121-14-C7-chromite core	Webstérite à olivine	0,672	0,002	0,002	1,263	0,058	0,627	0,006	0,368	0,002	1,003	1,992	2,999
RPP-122-14-C4-chromite core	Webstérite à olivine	0,582	0,003	0,002	1,329	0,080	0,651	0,006	0,344	0,003	1,004	1,990	2,999
RPP-127-14-C3-chromite core	Webstérite à olivine	0,893	0,007	0,005	1,010	0,073	0,682	0,009	0,319	0,000	1,010	1,977	2,998
RPP-128-14-C3-chromite core	Webstérite à olivine	0,646	0,004	0,003	1,269	0,073	0,620	0,007	0,377	0,002	1,005	1,987	2,999

## Annexe 3E – Spinnelle

Basé sur 320 (Philippe Pagé, 2006)		Cr	Ti	V	Al	Fe3+	Fe2+	Mn	Mg	Ni	Cations divalents	Cations trivalents	Total
Échantillon	Lithologie												
RPP-129-14-C1-chromite core	Webstérite à olivine	0,513	0,000	0,002	1,412	0,072	0,606	0,007	0,386	0,002	1,001	1,997	2,999
RPP-55-14-C1-chromite-1 core	Harburgite	0,236	0,000	0,002	1,736	0,024	0,311	0,002	0,685	0,003	1,001	1,996	2,999
RPP-147-14-C1-chromite	Harburgite	0,173	0,000	0,001	1,806	0,019	0,300	0,002	0,691	0,007	1,001	1,998	3,000
RPP-09-A-14-C5-chromite-core	Lherzolite	0,352	0,000	0,001	1,608	0,038	0,361	0,004	0,633	0,003	1,001	1,997	2,999
RPP-66-14-C1-chromite inclusio	Lherzolite	0,225	0,000	0,000	1,753	0,022	0,350	0,002	0,646	0,001	1,000	2,000	3,000
RPP-66-14-C2-chromite inclusio	Lherzolite	0,278	0,000	0,000	1,688	0,035	0,311	0,003	0,683	0,002	1,000	2,000	3,000
RPP-73-14-C3-chromite2	Lherzolite	0,112	0,001	0,001	1,850	0,033	0,320	0,004	0,675	0,003	1,002	1,995	3,000
RPP-74-14-C2-chromite	Lherzolite	0,361	0,000	0,001	1,606	0,030	0,350	0,004	0,643	0,004	1,001	1,997	2,999
RPP-74-14-C2-chromite2	Lherzolite	0,268	0,000	0,001	1,695	0,035	0,310	0,003	0,683	0,005	1,001	1,998	3,000
RPP-78-14-C3 chromite2	Lherzolite	0,231	0,000	0,001	1,742	0,025	0,330	0,003	0,665	0,003	1,001	1,998	3,000
RPP-81-14-C3-chromite2	Lherzolite	0,289	0,000	0,001	1,675	0,033	0,342	0,003	0,652	0,004	1,001	1,997	2,999
RPP-18-14-C2-Chromite-1	Webstérite à olivine	0,189	0,000	0,001	1,783	0,025	0,466	0,003	0,526	0,006	1,001	1,997	2,999
RPP-18-14-C3-Chromite-1 core-	Webstérite à olivine	0,214	0,000	0,001	1,745	0,039	0,468	0,003	0,524	0,005	1,001	1,998	3,000
RPP-24-14-C3 chromite core	Webstérite à olivine	0,301	0,000	0,002	1,651	0,044	0,548	0,004	0,446	0,003	1,001	1,996	2,999
RPP-27-14-C1-chromite core bri	Webstérite à olivine	0,268	0,002	0,001	1,692	0,034	0,543	0,004	0,450	0,005	1,002	1,995	3,000
RPP-27-14-C5-Chromite	Webstérite à olivine	0,158	0,000	0,000	1,811	0,031	0,447	0,004	0,542	0,007	1,000	2,000	3,000
RPP-43-14-C5-chromite core bri	Webstérite à olivine	0,281	0,000	0,002	1,684	0,032	0,518	0,004	0,475	0,005	1,001	1,997	2,999
RPP-43-14-C6-chromite core	Webstérite à olivine	0,152	0,000	0,001	1,805	0,040	0,459	0,003	0,533	0,006	1,001	1,998	3,000
RPP-87-14-C1-chromite core	Webstérite à olivine	0,296	0,000	0,002	1,632	0,069	0,495	0,005	0,497	0,004	1,001	1,997	2,999
RPP-120A-C5-spinel	Webstérite à olivine	0,184	0,000	0,001	1,774	0,041	0,469	0,003	0,522	0,006	1,001	1,998	3,000
RPP-127-14-C4-chromite core	Webstérite à olivine	0,284	0,000	0,002	1,679	0,034	0,441	0,004	0,552	0,003	1,001	1,997	2,999
IL-3143A-13-C2-chromite core	Webstérite à olivine	0,185	0,000	0,001	1,768	0,044	0,431	0,003	0,562	0,005	1,001	1,997	2,999
RPP-124B-14-C3-spinel core	Webstérite à olivine tardive	0,253	0,000	0,002	1,690	0,053	0,546	0,005	0,448	0,002	1,001	1,997	2,999
RPP-124B-14-C3-spinel-2	Webstérite à olivine tardive	0,066	0,000	0,002	1,887	0,043	0,455	0,004	0,540	0,002	1,001	1,997	2,999
RPP-108-14-C3-chromite core	Amphibolite	0,124	0,000	0,001	1,813	0,060	0,507	0,004	0,483	0,006	1,001	1,997	2,999
RPP-108-14-C4-chromite	Amphibolite	0,072	0,002	0,000	1,869	0,057	0,513	0,004	0,478	0,007	1,002	1,997	3,000
RPP-110-14-C1-chromite core	Amphibolite	0,248	0,002	0,002	1,670	0,074	0,614	0,005	0,381	0,003	1,003	1,993	2,999
IL3139-A-13-C4-spinel-core	Amphibolite	0,086	0,006	0,001	1,857	0,044	0,544	0,004	0,450	0,008	1,006	1,987	3,000

## Annexe 3F – Ilménite

Analyses		Na <sub>2</sub> O n.a.	MgO 0,081	TiO <sub>2</sub> 0,071	K <sub>2</sub> O n.a.	FeO 0,034	SiO <sub>2</sub> 0,081	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,081	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,046	CaO n.a.	MnO 0,031	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,062	NiO 0,035	Total
Échantillon	Lithologie	Limite de détection (wt%)												
RPP-04-14-C2-Ilm-1	Harzburgite	-	4,980	53,10	-	40,70	0,038	0,122	0,139	-	0,615	0,248	0,097	100,041
RPP-09-B-14-C1-Ilm-1	Harzburgite	-	9,130	54,24	-	34,80	0,041	0,120	0,115	-	0,987	0,071	0,072	99,583
RPP-59-1-C4-ilm	Harzburgite	-	9,540	55,64	-	34,32	0,000	0,127	0,142	-	0,557	< 0,062	< 0,035	100,367
RPP-59-4-14-C3 ilm	Harzburgite	-	7,134	54,30	-	38,14	0,022	0,105	0,075	-	0,649	< 0,062	< 0,035	100,453
RPP-68-14-C5 ilm	Harzburgite	-	5,240	53,11	-	40,03	0,014	0,112	0,047	-	0,820	< 0,062	< 0,035	99,369
RPP-41-14-C1-ilm	Harzburgite	-	5,783	54,68	-	38,56	0,009	< 0,081	0,119	-	1,127	< 0,062	0,107	100,397
RPP-77-14-C2-ilm	Harzburgite	-	7,385	54,58	-	36,76	0,000	< 0,081	0,087	-	0,635	< 0,062	0,133	99,588
RPP-147-14-C1-ilm	Harzburgite	-	4,776	53,65	-	40,61	0,006	< 0,081	0,139	-	0,846	< 0,062	0,096	100,141
MP-157A-13-C5-ilm	Harzburgite	-	8,032	54,05	-	36,19	0,006	< 0,081	0,157	-	0,633	< 0,062	0,044	99,129
RPP-09-A-14-C1-Ilm-1	Lherzolite	-	4,556	52,08	-	40,69	0,011	0,113	0,750	-	1,004	< 0,062	0,060	99,258
RPP-01-A-14-C2-ilm-1	Lherzolite	-	5,583	53,23	-	39,98	0,000	< 0,081	0,140	-	0,497	< 0,062	0,105	99,533
RPP-58-14-C4-ilm	Lherzolite	-	4,089	52,19	-	42,01	0,042	< 0,081	0,127	-	0,701	< 0,062	0,078	99,244
RPP-63C-14-C3-ilm	Lherzolite	-	3,466	51,24	-	42,64	0,015	< 0,081	0,104	-	0,965	< 0,062	< 0,035	98,447
RPP-74-14-C3-ilm	Lherzolite	-	6,864	54,34	-	37,28	0,000	< 0,081	0,089	-	0,785	< 0,062	0,120	99,491
RPP-78-14-C4 ilm	Lherzolite	-	5,950	52,35	-	38,97	0,037	< 0,081	0,119	-	0,734	< 0,062	0,097	98,268
RPP-81-14-C2-ilm	Lherzolite	-	5,624	53,65	-	39,35	0,015	< 0,081	0,053	-	0,749	< 0,062	< 0,035	99,502
RPP-145-14-C4-ilm	Lherzolite	-	5,446	53,08	-	39,88	0,001	< 0,081	0,022	-	0,783	< 0,062	< 0,035	99,253
RPP-146-14-C1-ilm inclusion	Lherzolite	-	4,684	52,14	-	40,65	0,027	< 0,081	0,738	-	0,677	< 0,062	0,140	99,089
RPP-146-14-C4-ilm	Lherzolite	-	2,730	52,22	-	43,09	0,021	< 0,081	0,067	-	0,880	< 0,062	0,068	99,099
RPP-80-14-C6-ilm	Webstérite	-	6,017	54,37	-	39,14	0,005	< 0,081	0,113	-	0,375	< 0,062	0,066	100,106
RPP-24-14-C1 ilm	Webstérite à olivine	-	1,395	52,60	-	44,74	0,000	0,108	0,108	-	1,535	< 0,062	< 0,035	100,497
RPP-43-14-C5-ilm	Webstérite à olivine	-	2,862	51,75	-	43,84	0,022	0,156	0,066	-	0,638	< 0,062	0,052	99,381
RPP-120A-C1-ilm	Webstérite à olivine	-	3,366	53,32	-	42,88	0,000	0,107	0,065	-	0,642	< 0,062	0,060	100,435
RPP-56-14-C3-ilm	Webstérite à olivine	-	2,575	52,22	-	43,24	0,024	< 0,081	0,072	-	0,973	< 0,062	< 0,035	99,131
RPP-87-14-C3-ilm	Webstérite à olivine	-	3,824	52,39	-	42,47	0,000	< 0,081	0,080	-	0,616	< 0,062	0,042	99,453
RPP-121-14-C3-ilm	Webstérite à olivine	-	4,041	53,24	-	41,82	0,001	< 0,081	0,051	-	0,635	< 0,062	< 0,035	99,847
RPP-122-14-C2-ilm	Webstérite à olivine	-	2,886	52,09	-	43,65	0,000	< 0,081	0,092	-	0,627	< 0,062	0,060	99,427
RPP-128-14-C1-ilm	Webstérite à olivine	-	3,410	51,86	-	43,19	0,000	< 0,081	0,091	-	0,705	< 0,062	0,052	99,331
RPP-129-14-C3-ilm	Webstérite à olivine	-	4,795	52,93	-	40,58	0,010	< 0,081	0,120	-	0,626	< 0,062	0,067	99,148
RPP-124B-14-C1-ilm	Webstérite à olivine tardive	-	2,081	53,09	-	44,49	0,000	0,136	0,032	-	0,779	< 0,062	< 0,035	100,628
RPP-120B-14-C3-ilm	Webstérite à olivine tardive	-	1,206	52,51	-	45,72	0,050	< 0,081	0,096	-	0,428	< 0,062	< 0,035	100,034
RPP-124A-14-C4-ilm	Webstérite à olivine tardive	-	0,035	52,99	-	47,23	0,000	< 0,081	0,091	-	0,435	< 0,062	< 0,035	100,836
RPP-126-14-C1-ilm	Webstérite à olivine tardive	-	0,407	52,10	-	46,69	0,000	< 0,081	0,037	-	0,895	< 0,062	< 0,035	100,175
IL3139-A-13-C3-ilmenite-core	Amphibolite	-	3,090	52,81	-	43,16	0,000	0,123	0,116	-	0,777	< 0,062	0,088	100,164
RPP-108-14-C4-ilm	Amphibolite	-	2,470	52,02	-	44,23	0,025	< 0,081	0,050	-	0,609	< 0,062	< 0,035	99,449
RPP-110-14-C3-ilm	Amphibolite	-	2,205	51,51	-	44,87	0,001	< 0,081	0,031	-	0,743	< 0,062	< 0,035	99,439
IL3139-A-13-C3-ilmenite-rim	Amphibolite	-	3,086	53,03	-	43,04	0,000	< 0,081	0,111	-	0,789	< 0,062	< 0,035	100,143
RPP-21-14-C2-Ilm-1 inside sphe	Gabbro	-	0,696	50,88	-	46,20	0,002	0,118	0,024	-	1,167	< 0,062	< 0,035	99,111
RPP-63-A-14-C1-ilm	Gabbro	-	0,532	51,35	-	43,90	0,000	0,159	0,010	-	3,600	< 0,062	< 0,035	99,546
RPP-111-14-C1-ilm	Gabbro	-	0,560	52,66	-	46,10	0,000	0,109	0,046	-	1,056	< 0,062	< 0,035	100,536
RPP-100-14-C1-ilm	Gabbro	-	0,271	52,01	-	45,65	0,002	< 0,081	0,040	-	1,557	< 0,062	< 0,035	99,546

## Annexe 3F – Ilménite

Analyses	Limite de détection (wt%)	Na <sub>2</sub> O n.d.	MgO 0,081	TiO <sub>2</sub> 0,071	K <sub>2</sub> O n.d.	FeO 0,034	SiO <sub>2</sub> 0,081	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,081	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,046	CaO n.d.	MnO 0,031	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,062	NiO 0,035	Total
Échantillon	Lithologie													
RPP-26-14-C2-ilm-1	Amphibolite basaltique	-	0,177	51,89	-	45,68	0,000	0,136	0,026	-	1,499	< 0,062	< 0,035	99,414
RPP-01B-14-C2 ilm	Métasédiment	-	0,891	51,97	-	45,36	0,025	< 0,081	0,014	-	1,316	< 0,062	< 0,035	99,633

n.a. = non analyse

NOTE : Les analyses sur la chimie minérale des ilménites n'ont pas été traitées.

## Annexe 3G – Plagioclase

Analyses		Na <sub>2</sub> O	MgO	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	FeO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MnO	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NiO	Total
	Limite de détection (wt%)	0,033	0,048	n.a.	0,029	0,025	0,05	0,043	n.a.	0,033	n.a.	n.a.	n.a.	
Échantillon	Lithologie													
RPP-21-14-C1-Plag-1 core dark	Gabbro	5,569	< 0,048	-	0,062	0,027	55,39	28,02	-	10,50	-	-	-	99,58
RPP-21-14-C1-Plag-1 rim bright	Gabbro	4,794	< 0,048	-	0,056	0,082	53,73	29,36	-	11,87	-	-	-	99,89
RPP-63-A-14-C4 Plag	Gabbro	< 0,033	< 0,048	-	0,000	< 0,025	42,32	37,17	-	20,32	-	-	-	99,84
RPP-63-A-14-C6 plag	Gabbro	< 0,033	< 0,048	-	< 0,029	< 0,025	42,26	37,12	-	20,32	-	-	-	99,75
RPP-63-A-14-C6 plag 2	Gabbro	0,044	< 0,048	-	< 0,029	0,039	42,57	36,69	-	20,05	-	-	-	99,39
RPP-100-14-C2-plag bright	Gabbro	4,599	< 0,048	-	0,053	0,029	54,07	29,44	-	12,44	-	-	-	100,65
RPP-100-14-C2-plag dark	Gabbro	6,006	< 0,048	-	0,055	< 0,025	56,74	26,92	-	9,683	-	-	-	99,42
RPP-111-14-C3-Plag core	Gabbro	1,848	< 0,048	-	< 0,029	< 0,025	47,68	33,66	-	16,86	-	-	-	100,08
RPP-111-14-C3-Plag rim	Gabbro	2,057	< 0,048	-	< 0,029	0,118	47,82	33,70	-	16,52	-	-	-	100,21
RPP-26-14-C4-Plag-1	Amphibolite basaltique	4,134	< 0,048	-	< 0,029	0,028	52,66	30,08	-	12,96	-	-	-	99,90
RPP-01B-14-C1-plag	Métasédiment	2,298	< 0,048	-	< 0,029	0,176	48,14	32,92	-	16,17	-	-	-	99,71
RPP-01B-14-C1-plag2	Métasédiment	2,469	< 0,048	-	< 0,029	0,015	48,36	32,62	-	16,08	-	-	-	99,56
RPP-01B-14-C2 plag inclusion	Métasédiment	2,755	< 0,048	-	< 0,029	0,339	48,52	32,19	-	15,74	-	-	-	99,57
RPP-20-14-C3-plag	Métasédiment	6,488	< 0,048	-	0,092	0,068	57,56	26,20	-	8,890	-	-	-	99,30
RPP-102-14-C3-plag	Métasédiment	7,641	< 0,048	-	0,229	< 0,025	60,15	24,81	-	6,721	-	-	-	99,54

n.a. = non analysé

Basé sur 32O (The Rock-forming minerals)		Na	K	Fe	Si	Al	Ca	Total
Échantillon	Lithologie							
RPP-21-14-C1-Plag-1 core dark	Gabbro	1,952	0,014	0,004	10,01	5,969	2,033	19,99
RPP-21-14-C1-Plag-1 rim bright	Gabbro	1,682	0,013	0,012	9,724	6,262	2,300	19,99
RPP-63-A-14-C4 Plag	Gabbro	-	-	-	7,658	7,926	3,940	19,52
RPP-63-A-14-C6 plag	Gabbro	-	-	-	7,648	7,916	3,940	19,50
RPP-63-A-14-C6 plag 2	Gabbro	0,015	-	0,006	7,704	7,825	3,886	19,44
RPP-100-14-C2-plag bright	Gabbro	1,614	0,012	0,004	9,786	6,279	2,412	20,11
RPP-100-14-C2-plag dark	Gabbro	2,107	0,013	-	10,27	5,742	1,877	20,01
RPP-111-14-C3-Plag core	Gabbro	0,648	-	-	8,628	7,180	3,269	19,72
RPP-111-14-C3-Plag rim	Gabbro	0,722	-	0,018	8,654	7,187	3,202	19,78
RPP-26-14-C4-Plag-1	Amphibolite basaltique	1,450	-	0,004	9,530	6,416	2,513	19,91
RPP-01B-14-C1-plag	Métasédiment	0,806	-	0,027	8,711	7,021	3,134	19,70
RPP-01B-14-C1-plag2	Métasédiment	0,866	-	0,002	8,751	6,957	3,118	19,69
RPP-01B-14-C2 plag inclusion	Métasédiment	0,967	-	0,051	8,780	6,865	3,051	19,71
RPP-20-14-C3-plag	Métasédiment	2,276	0,021	0,010	10,42	5,588	1,724	20,04
RPP-102-14-C3-plag	Métasédiment	2,681	0,053	-	10,88	5,291	1,303	20,21



## Annexe 3H : Serpentine

Analyses	Limite de détection (wt%)	Na <sub>2</sub> O 0,039	MgO 0,054	TiO <sub>2</sub> 0,067	K <sub>2</sub> O 0,026	FeO 0,025	SiO <sub>2</sub> 0,053	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,047	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,038	CaO 0,033	MnO 0,026	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub> n.a.	NiO 0,028	Total	H <sub>2</sub> O Estimation
Échantillon	Lithologie														
RPP-04-14-C4-Serp-1 bright	Harzburgite	< 0,039	30,09	0,095	0,034	12,83	41,91	2,151	0,141	0,197	0,086	-	0,267	87,81	12,19
RPP-04-14-C4-Serp-2 grey	Harzburgite	< 0,039	34,53	< 0,067	< 0,026	6,915	42,20	0,826	< 0,038	0,126	0,186	-	0,068	84,91	15,10
RPP-04-14-C4-Serp-3 dark-dark	Harzburgite	< 0,039	35,27	< 0,067	< 0,026	8,999	38,68	< 0,047	< 0,038	0,673	0,094	-	0,189	83,97	16,03
RPP-04-14-C4-Serp-4 dark-bright	Harzburgite	< 0,039	33,39	< 0,067	< 0,026	11,13	38,14	0,047	< 0,038	0,084	0,119	-	0,283	83,21	16,79
RPP-09-B-14-C1-Serp-1	Harzburgite	< 0,039	38,39	< 0,067	< 0,026	5,232	37,47	< 0,047	< 0,038	< 0,033	0,040	-	0,196	81,39	18,61
RPP-55-14-C2-Serp	Harzburgite	< 0,039	32,91	< 0,067	< 0,026	8,677	40,09	1,049	0,092	0,247	0,223	-	< 0,028	83,37	16,63
RPP-59-1-C1-serp-1 dark	Harzburgite	< 0,039	38,36	< 0,067	< 0,026	6,031	38,07	< 0,047	< 0,038	< 0,033	0,056	-	0,174	82,72	17,28
RPP-59-1-C1-serp-2 bright	Harzburgite	< 0,039	33,36	< 0,067	< 0,026	9,782	40,00	< 0,047	< 0,038	0,062	0,153	-	< 0,028	83,43	16,57
RPP-59-4-14-C6 serp dark	Harzburgite	< 0,039	35,19	< 0,067	< 0,026	6,750	42,01	0,163	< 0,038	0,088	0,150	-	< 0,028	84,38	15,62
RPP-59-4-14-C6 serp bright	Harzburgite	< 0,039	29,80	< 0,067	< 0,026	10,69	41,06	1,689	0,192	0,092	0,199	-	0,031	83,84	16,16
RPP-59-4-14-C6 serp vein bright	Harzburgite	< 0,039	29,98	< 0,067	< 0,026	12,79	41,86	0,394	0,042	0,088	0,164	-	< 0,028	85,35	14,65
RPP-68-14-C1 serp-1 dark	Harzburgite	< 0,039	31,21	< 0,067	< 0,026	< 0,025	< 0,053	0,183	0,046	< 0,033	< 0,026	-	0,063	95,11	4,888
RPP-68-14-C1 serp-2 bright	Harzburgite	< 0,039	32,10	< 0,067	< 0,026	10,60	38,31	< 0,047	< 0,038	0,098	0,164	-	< 0,028	81,33	18,68
RPP-01-A-14-C1-Serp1 white	Lherzolite	< 0,039	21,18	< 0,067	0,027	19,04	39,79	0,102	< 0,038	0,285	0,349	-	0,089	80,95	19,06
RPP-01-A-14-C1-Serp2 dark	Lherzolite	< 0,039	35,12	< 0,067	< 0,026	9,654	38,40	< 0,047	< 0,038	0,053	0,079	-	0,188	83,56	16,44
RPP-01-A-14-C3-Serp-1	Lherzolite	< 0,039	33,39	< 0,067	< 0,026	9,320	41,35	0,873	< 0,038	0,098	0,135	-	< 0,028	85,25	14,75
RPP-09-A-14-C1-Serp-1 dark	Lherzolite	< 0,039	37,29	< 0,067	< 0,026	6,563	39,63	0,201	< 0,038	< 0,033	0,059	-	0,152	83,93	16,07
RPP-09-A-14-C1-Serp-1 white	Lherzolite	< 0,039	29,73	< 0,067	< 0,026	14,68	39,57	1,128	0,055	0,085	0,234	-	0,123	85,63	14,38
RPP-18-14-C3-serp-1 bright	Webstérite à olivine	< 0,039	25,20	< 0,067	< 0,026	18,27	39,69	0,976	< 0,038	0,135	0,561	-	< 0,028	84,86	15,14
RPP-18-14-C3-serp-2-dark	Webstérite à olivine	< 0,039	37,70	< 0,067	< 0,026	6,271	40,20	0,131	< 0,038	< 0,033	0,048	-	0,220	84,60	15,41
RPP-27-14-C4-Serp	Webstérite à olivine	< 0,039	20,99	< 0,067	< 0,026	18,38	45,69	0,565	< 0,038	0,297	0,316	-	0,260	86,54	13,46
RPP-43-14-C6-serp	Webstérite à olivine	< 0,039	34,79	< 0,067	< 0,026	11,31	36,85	0,543	< 0,038	0,047	0,190	-	0,256	84,03	15,98

n.a. = non analyse

NOTE : Les analyses sur la chimie minérale des serpentines n'ont pas été traitées.





## Annexe 3I : Amphibole

Analyses		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NiO	Total
	Limites de detetion (wt%)	0,053	0,067	0,047	0,025	0,026	0,054	0,033	0,039	0,026	0,038	0,028	
Échantillons	Lithologie												
<b>Amphiboles calciques</b>													
RPP-04-14-C1-Amph-1	Harzburgite	52,387	0,537	6,103	3,062	0,06	21,493	12,284	0,847	0,107	0,322	0,105	97,307
RPP-04-14-C3-Amph-1	Harzburgite	53,532	0,517	5,111	2,976	0,082	22,234	12,217	0,686	0,08	0,457	0,106	97,998
RPP-09-B-14-C4-Amph-1	Harzburgite	54,205	0,553	4,57	2,353	0,062	22,405	12,739	0,118	0,047	0,356	0,085	97,493
RPP-41-14-C1-Hb	Harzburgite	54,355	0,55	4,453	2,993	0,094	21,801	12,484	0,15	< 0,026	0,366	0,076	97,322
RPP-55-14-C5-Amph	Harzburgite	55,457	0,488	3,983	2,622	0,078	22,548	12,681	0,042	< 0,026	0,212	0,057	98,168
RPP-59-1-C3-Amph	Harzburgite	55,42	0,374	3,396	2,284	0,063	22,866	12,677	0,189	0,052	0,282	0,043	97,646
RPP-59-4-14-C5 Amph core	Harzburgite	52,492	0,499	5,654	2,925	0,068	21,581	12,286	0,533	0,099	0,562	0,049	96,748
RPP-59-4-14-C5 Amph rim	Harzburgite	52,985	0,652	5,726	2,995	0,076	21,807	12,415	0,549	0,094	0,458	< 0,028	97,757
RPP-147-14-C3-Hb	Harzburgite	56,336	0,194	1,972	2,719	0,095	23,152	12,333	0,162	< 0,026	0,047	0,124	97,134
RPP-147-14-C6-Hb inclusion	Harzburgite	51,206	0,784	7,395	3,351	0,096	20,521	12,336	0,7	0,129	0,26	0,081	96,859
MP-157A-13-C3-Hb	Harzburgite	55,911	0,286	2,429	2,091	0,07	23,255	12,776	0,201	0,04	0,289	0,058	97,406
MP-157A-13-C3-cpx inclusion	Harzburgite	54,699	0,487	3,799	2,225	0,074	22,789	12,649	0,318	0,055	0,398	0,067	97,56
RPP-01-A-14-C2-Cpx center	Lherzolite	50,329	0,699	7,724	4,264	0,088	20,136	12,218	1,136	0,152	0,382	0,051	97,179
RPP-01-A-14-C4-Cpx-1	Lherzolite	51,726	0,356	6,515	4,179	0,078	20,591	12,124	0,958	0,129	0,415	0,064	97,135
RPP-09-A-14-C3-Amph-1	Lherzolite	53,697	0,502	5,193	2,903	0,096	21,666	12,955	0,204	0,06	0,407	0,07	97,753
RPP-09-A-14-C4-Amph-1	Lherzolite	53,894	0,392	4,602	2,84	0,102	21,746	12,931	0,174	0,048	0,423	0,03	97,182
RPP-58-14-C1-cpx core	Lherzolite	54,71	0,359	4,372	3,279	0,088	21,927	12,504	0,28	0,076	0,294	0,073	97,962
RPP-58-14-C1-cpx rim	Lherzolite	52,641	0,641	6,638	3,734	0,104	20,847	12,384	0,44	0,134	0,305	0,095	97,963
RPP-58-14-C4-cpx	Lherzolite	54,93	0,278	3,801	3,589	0,101	21,943	12,407	0,245	0,066	0,252	0,073	97,685
RPP-63C-14-C2-Hb	Lherzolite	51,648	0,715	7,275	3,838	0,068	19,927	13,043	0,312	0,122	0,279	0,034	97,261
RPP-63C-14-C5-Hb	Lherzolite	52,407	0,664	6,929	3,873	0,068	20,18	13,148	0,314	0,082	0,262	< 0,028	97,927
RPP-73-14-C4-Hb core	Lherzolite	52,967	0,582	5,885	3,22	0,066	20,773	13,117	0,138	0,086	0,204	< 0,028	97,038
RPP-73-14-C4-Hb rim	Lherzolite	51,816	0,786	6,984	3,595	0,089	20,247	13,228	0,219	0,099	0,21	0,032	97,305
RPP-74-14-C1-cpx	Lherzolite	55,626	0,265	3,043	2,52	0,087	22,449	12,653	0,047	< 0,026	0,284	0,092	97,066
RPP-74-14-C1-cpx2	Lherzolite	55,314	0,389	3,792	2,541	0,094	22,214	12,722	0,098	< 0,026	0,306	0,07	97,54
RPP-74-14-C3-cpx	Lherzolite	54,956	0,416	3,89	2,601	0,076	22,176	12,621	0,092	< 0,026	0,333	0,08	97,241
RPP-78-14-C1-Hb	Lherzolite	55,224	0,316	3,797	2,905	0,092	22,274	12,563	0,103	< 0,026	0,384	0,061	97,719
RPP-78-14-C1-Hb2	Lherzolite	55,194	0,284	3,635	2,715	0,097	22,085	12,502	0,085	0,03	0,346	0,061	97,034
RPP-78-14-C2-Hb core	Lherzolite	54,824	0,444	4,323	2,847	0,083	21,937	12,521	0,103	< 0,026	0,296	0,057	97,435
RPP-78-14-C2-Hb rim	Lherzolite	54,909	0,366	3,75	2,807	0,102	22,075	12,7	0,109	< 0,026	0,253	0,047	97,118
RPP-81-14-C5-Hb	Lherzolite	54,86	0,45	4,143	2,795	0,1	22,005	12,413	0,073	< 0,026	0,198	0,064	97,101
RPP-81-14-C5-Hb2	Lherzolite	54,55	0,453	4,302	2,719	0,093	21,961	12,686	0,072	< 0,026	0,287	0,067	97,19
RPP-81-14-C6-Hb	Lherzolite	54,69	0,517	4,171	2,656	0,092	22,197	12,603	0,058	< 0,026	0,145	0,072	97,201
RPP-145-14-C2-Hb	Lherzolite	53,353	0,386	5,313	3,601	0,093	21,055	12,296	0,722	0,082	0,274	0,056	97,231
RPP-145-14-C2-Hb2	Lherzolite	52,883	0,416	5,61	3,592	0,08	20,962	12,319	0,741	0,092	0,297	0,061	97,053
RPP-145-14-C4-Hb	Lherzolite	54,731	0,188	3,43	3,381	0,093	22,283	12,039	0,408	0,028	0,446	0,061	97,088
RPP-146-14-C5-Hb	Lherzolite	52,378	0,603	6,557	3,621	0,071	20,582	12,379	0,456	0,081	0,272	0,105	97,105
RPP-146-14-C5-Hb2	Lherzolite	52,371	0,643	6,315	3,575	0,072	20,745	12,439	0,406	0,088	0,255	0,095	97,004
RPP-18-14-C1-Amph-1	Webstérite à olivine	50,313	0,63	8,246	5,375	0,104	19,675	11,986	0,651	0,148	0,259	0,062	97,449
RPP-18-14-C2-amph-1	Webstérite à olivine	50,965	0,511	7,417	5,248	0,12	19,659	12,138	0,581	0,123	0,203	0,071	97,036

## Annexe 3I : Amphibole

Analyses		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NiO	Total
	Limites de detetion (wt%)	0,053	0,067	0,047	0,025	0,026	0,054	0,033	0,039	0,026	0,038	0,028	
Échantillons	Lithologie												
RPP-24-14-C2 Amph	Webstérite à olivine	54,858	0,295	4,12	5,698	0,138	21,963	10,788	0,224	0,082	0,176	0,055	98,397
RPP-24-14-C5-Cpx core	Webstérite à olivine	54,509	0,264	3,976	5,758	0,148	21,876	10,814	0,221	0,067	0,188	0,05	97,871
RPP-24-14-C5-Cpx rim	Webstérite à olivine	54,022	0,324	5,069	6,108	0,157	21,034	10,817	0,249	0,064	0,32	0,045	98,209
RPP-27-14-C1-Amph	Webstérite à olivine	51,18	0,471	7,561	5,634	0,116	19,485	12,119	0,526	0,109	0,325	0,076	97,602
RPP-27-14-C3-Amph	Webstérite à olivine	50,534	0,537	8,383	5,677	0,119	19,038	12,161	0,611	0,131	0,273	0,067	97,531
RPP-27-14-C5-Amph	Webstérite à olivine	50,743	0,605	8,243	5,792	0,128	19,269	11,992	0,558	0,145	0,328	0,09	97,893
RPP-27-14-C5-Amph-2-core	Webstérite à olivine	53,708	0,29	5,083	5,248	0,111	20,842	11,84	0,296	0,052	0,187	0,073	97,73
RPP-27-14-C5-Amph-2-rim	Webstérite à olivine	50,744	0,539	8,226	5,765	0,12	19,336	11,864	0,578	0,14	0,382	0,084	97,778
RPP-43-14-C2-Amph	Webstérite à olivine	51,438	0,606	7,701	5,682	0,111	19,497	11,83	0,476	0,084	0,175	0,068	97,668
RPP-43-14-C6-amph	Webstérite à olivine	51,319	0,492	7,195	5,468	0,105	19,59	11,972	0,867	0,085	0,244	0,054	97,391
RPP-56-14-C1-Hb	Webstérite à olivine	53,232	0,458	5,878	4,552	0,099	20,241	12,444	0,236	0,073	0,194	< 0,028	97,407
RPP-56-14-C2-cpx	Webstérite à olivine	54,373	0,306	4,8	4,141	0,096	21,072	12,505	0,203	0,058	0,181	0,029	97,764
RPP-66-14-C1-Hb inclusion	Webstérite à olivine	55,303	0,258	3,481	3,081	0,085	22,319	12,589	0,117	0,031	0,254	0,033	97,551
RPP-66-14-C2-Hb inclusion	Webstérite à olivine	55,254	0,244	3,788	2,858	0,085	22,26	12,536	0,124	0,037	0,26	0,034	97,48
RPP-66-14-C3-Hb core	Webstérite à olivine	54,898	0,349	3,978	2,888	0,078	22,118	12,614	0,157	0,042	0,229	0,044	97,395
RPP-66-14-C3-Hb rim	Webstérite à olivine	54,722	0,22	4,377	3,001	0,096	21,961	12,486	0,161	0,031	0,261	< 0,028	97,316
RPP-66-14-C3-Hb2	Webstérite à olivine	54,624	0,289	4,387	3,077	0,084	21,969	12,5	0,171	0,037	0,331	0,036	97,505
RPP-87-14-C5-Hb1	Webstérite à olivine	51,601	0,637	7,211	5,419	0,126	19,385	11,959	0,368	0,085	0,171	0,076	97,038
RPP-87-14-C5-Hb2	Webstérite à olivine	52,017	0,547	6,815	5,239	0,128	19,766	12,077	0,34	0,067	0,196	0,065	97,257
RPP-106-14-C1-Amph	Webstérite à olivine	52,367	0,377	6,513	5,417	0,111	19,684	11,861	0,354	0,068	0,218	0,049	97,019
RPP-106-14-C4-Amph core	Webstérite à olivine	52,006	0,489	7,079	5,435	0,104	19,963	11,923	0,369	0,069	0,18	0,076	97,693
RPP-120A-C3-Amph	Webstérite à olivine	49,155	0,698	9,499	6,188	0,125	18,819	11,676	0,833	0,108	0,296	0,083	97,48
RPP-121-14-C5-Hb dark	Webstérite à olivine	50,967	0,564	7,922	5,003	0,093	19,58	12,013	0,588	0,092	0,263	0,073	97,158
RPP-121-14-C5-Hb bright	Webstérite à olivine	50,687	0,523	7,944	4,945	0,121	19,766	12,033	0,623	0,109	0,271	0,073	97,095
RPP-122-14-C3-Hb brgiht	Webstérite à olivine	48,961	0,582	9,518	6,323	0,132	18,422	11,775	1,101	0,101	0,374	0,087	97,376
RPP-122-14-C3-Hb dark	Webstérite à olivine	49,383	0,578	9,007	6,182	0,124	18,542	11,736	1,049	0,093	0,327	0,091	97,112
RPP-127-14-C2-Cpx	Webstérite à olivine	54,09	0,328	5,201	4,338	0,107	21,355	12,092	0,127	0,048	0,296	0,044	98,026
RPP-128-14-C4-Hb	Webstérite à olivine	53,664	0,406	5,357	4,555	0,122	20,568	12,176	0,163	0,072	0,222	0,04	97,345
RPP-129-14-C2-Hb dark	Webstérite à olivine	51,578	0,409	7,328	5,658	0,137	19,195	11,965	0,608	0,071	0,304	0,074	97,327
RPP-129-14-C2-Hb bright	Webstérite à olivine	51,594	0,412	6,969	5,589	0,123	19,54	12,05	0,573	0,071	0,187	0,061	97,169
IL-3143A-13-C3-Hb bright	Webstérite à olivine	49,431	0,789	9,514	5,374	0,115	18,509	12,139	0,903	0,246	0,152	0,051	97,223
IL-3143A-13-C3-Hb dark	Webstérite à olivine	49,802	0,732	9,244	5,343	0,1	18,816	12,165	0,856	0,208	0,21	0,064	97,54
RPP-120B-14-C1-Amph core	Webstérite à olivine tardive	49,832	0,7	8,953	5,686	0,132	18,728	11,759	0,97	0,106	0,298	0,068	97,232
RPP-120B-14-C1-Amph rim	Webstérite à olivine tardive	51,137	0,557	7,785	5,461	0,126	19,876	11,788	0,873	0,082	0,332	0,084	98,101
RPP-124A-14-C2-Amph-core	Webstérite à olivine tardive	47,439	0,65	10,051	9,802	0,194	16,842	10,621	1,478	0,224	0,239	0,101	97,641
RPP-124A-14-C2-Amph-rim	Webstérite à olivine tardive	47,166	0,572	10,28	9,733	0,153	16,696	10,813	1,491	0,214	0,218	0,064	97,4
RPP-124B-14-C5-Amph core	Webstérite à olivine tardive	47,306	0,694	11,728	6,996	0,144	17,798	11,581	1,358	0,15	0,212	0,041	98,008
RPP-124B-14-C5-Amph rim	Webstérite à olivine tardive	47,301	0,769	12,063	7,079	0,153	17,523	11,522	1,369	0,14	0,178	0,037	98,134
RPP-126-14-C5 Apmh core	Webstérite à olivine tardive	47,084	0,681	11,241	8,53	0,153	17,442	10,723	1,528	0,124	0,263	0,093	97,862
RPP-126-14-C5 Amph rim	Webstérite à olivine tardive	46,456	0,745	11,755	8,732	0,137	17,011	10,538	1,653	0,141	0,327	0,081	97,576
RPP-108-14-C2-Hb dark	Amphibolite	49,935	0,437	8,566	7,079	0,143	18,182	11,737	0,736	0,087	0,151	0,083	97,136

## Annexe 3I : Amphibole

Analyses	Limites de detetion (wt%)	SiO <sub>2</sub> 0,053	TiO <sub>2</sub> 0,067	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,047	FeO 0,025	MnO 0,026	MgO 0,054	CaO 0,033	Na <sub>2</sub> O 0,039	K <sub>2</sub> O 0,026	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,038	NiO 0,028	Total
Échantillons	Lithologie												
RPP-108-14-C2-Hb bright	Amphibolite	50,375	0,521	8,379	7,091	0,142	18,461	11,796	0,671	0,1	0,101	0,072	97,709
RPP-108-14-C2-Hb core	Amphibolite	51,405	0,39	6,564	7,378	0,143	19,276	11,125	0,481	0,062	0,113	0,081	97,018
RPP-108-14-C2-Hb rim	Amphibolite	49,992	0,455	8,723	7,226	0,15	17,93	11,847	0,61	0,102	0,129	0,068	97,232
RPP-108-14-C4-Hb inclusion	Amphibolite	49,674	1,068	8,728	7,24	0,131	17,413	11,929	0,703	0,232	0,168	0,051	97,337
RPP-110-14-C4-Hb big	Amphibolite	48,742	0,604	9,371	7,352	0,123	17,542	12,446	0,599	0,3	0,1	< 0,028	97,179
RPP-110-14-C4-Hb small	Amphibolite	48,401	0,711	8,908	7,266	0,118	17,51	12,412	0,54	0,295	0,104	0,045	96,31
RPP-21-14-C1-Amph-1 core	Gabbro	49,224	0,94	6,861	13,875	0,23	13,672	11,894	0,818	0,283	0,097	< 0,028	97,894
RPP-21-14-C1-Amph-2 rim	Gabbro	49,175	0,734	6,689	13,468	0,227	14,066	12,057	0,71	0,241	0,125	< 0,028	97,492
RPP-100-14-C1-Hb core	Gabbro	45,685	1,419	9,631	18,235	0,284	9,824	11,555	1,159	0,653	< 0,038	< 0,028	98,445
RPP-100-14-C1-Hb rim	Gabbro	46,982	0,87	9,136	17,757	0,28	10,404	11,899	0,914	0,394	0,06	< 0,028	98,696
RPP-111-14-C2-Amph core	Gabbro	47,911	1,076	8,639	16,285	0,299	11,971	11,069	0,846	0,379	0,047	0,032	98,554
RPP-111-14-C2-Amph rim	Gabbro	47,765	1,001	9,071	16,024	0,25	11,966	11,227	0,856	0,399	0,057	0,031	98,647
RPP-62A-14-C1-Hb	Gabbro	44,452	0,458	13,252	9,95	0,215	14	12,687	1,662	0,497	0,136	< 0,028	97,309
RPP-62A-14-C1-Hb dark	Gabbro	44,52	0,492	13,011	9,371	0,201	14,46	12,738	1,634	0,539	0,226	< 0,028	97,192
RPP-62A-14-C2-Hb dark	Gabbro	44,917	0,468	12,578	9,516	0,188	14,329	12,802	1,595	0,508	0,105	< 0,028	97,006
RPP-62A-14-C3-Hb dark	Gabbro	44,792	0,414	12,917	9,431	0,213	14,406	12,694	1,647	0,482	0,201	< 0,028	97,197
RPP-26-14-C4-Amph-1	Amphibolite basaltique	48,39	0,738	8,314	15,356	0,257	12,455	11,91	1,006	0,168	0,05	< 0,028	98,644
<b>Amphiboles ferro-magnésiens</b>													
RPP-01-A-14-C4-Opx-1	Lherzolite	57,767	< 0,063	0,494	11,158	0,267	27,045	0,785	0,056	< 0,026	< 0,038	0,072	97,644
RPP-80-14-C4-Hb core	Webstérite	57,366	0,083	2,042	7,572	0,162	29,668	0,559	0,145	< 0,026	0,175	0,081	97,853
RPP-80-14-C4-Hb rim	Webstérite	59,147	< 0,063	0,286	7,92	0,164	30,461	0,405	< 0,039	< 0,026	0,054	0,069	98,506
RPP-80-14-C5-opx core	Webstérite	58,33	< 0,063	0,857	7,517	0,141	30,188	0,445	< 0,039	< 0,026	0,121	0,076	97,675
RPP-80-14-C5-opx rim	Webstérite	58,57	< 0,063	0,571	7,901	0,175	30,211	0,421	< 0,039	< 0,026	0,063	0,067	97,979
RPP-24-14-C2 Opx	Webstérite à olivine	57,178	0,017	0,574	12,845	0,418	26,378	0,903	0,025	< 0,026	0,04	0,044	98,422
RPP-126-14-C5 Opx inc	Webstérite à olivine tardive	55,807	< 0,063	1,973	14,518	0,314	24,972	0,566	0,222	< 0,026	0,083	0,099	98,554
RPP-120B-14-C1-Opx	Webstérite à olivine tardive	56,333	< 0,063	0,639	15,353	0,293	24,264	0,864	0,047	< 0,026	0,103	0,085	97,981
RPP-01B-14-C3 opx core	Métasédiment	53,937	0,183	1,611	22,102	0,916	18,294	1,156	0,13	< 0,026	< 0,038	< 0,028	98,329
RPP-01B-14-C3 opx rim	Métasédiment	54,191	0,101	1,307	22,018	0,961	18,511	0,944	0,106	< 0,026	< 0,038	< 0,028	98,139

## Annexe 3I : Amphibole

Basé sur 23O (Open University)	Si	Al <sup>iv</sup>	Al <sup>vi</sup>	Ti	Cr	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Mn	Mg	Ni	Ca	Na	K	Total	
Échantillon															Amphibole
<b>Amphiboles calciques</b>															
RPP-04-14-C1-Amph-1	7,223	0,777	0,214	0,056	0,035	0,353	-	0,007	4,418	0,012	1,815	0,226	0,019	17,154	Magnésio-hornblende
RPP-04-14-C3-Amph-1	7,318	0,682	0,141	0,053	0,049	0,340	-	0,009	4,531	0,012	1,789	0,182	0,014	17,121	Hornblende trémolitique
RPP-09-B-14-C4-Amph-1	7,421	0,579	0,158	0,057	0,039	0,269	-	0,007	4,572	0,009	1,868	0,031	0,008	17,020	Hornblende trémolitique
RPP-41-14-C1-Hb	7,452	0,548	0,172	0,057	0,040	0,343	-	0,011	4,456	0,008	1,834	0,040	0,000	16,960	Hornblende trémolitique
RPP-55-14-C5-Amph	7,521	0,479	0,158	0,050	0,023	0,297	-	0,009	4,559	0,006	1,843	0,011	0,000	16,956	Trémolite
RPP-59-1-C3-Amph	7,561	0,439	0,107	0,038	0,030	0,261	-	0,007	4,651	0,005	1,853	0,050	0,009	17,011	Trémolite
RPP-59-4-14-C5 Amph core	7,270	0,730	0,192	0,052	0,062	0,339	-	0,008	4,455	0,005	1,823	0,143	0,017	17,097	Hornblende trémolitique
RPP-59-4-14-C5 Amph rim	7,261	0,739	0,186	0,067	0,050	0,343	-	0,009	4,455	0,000	1,823	0,146	0,016	17,094	Hornblende trémolitique
RPP-147-14-C3-Hb	7,714	0,286	0,032	0,020	0,005	0,311	-	0,011	4,726	0,014	1,809	0,043	0,000	16,971	Trémolite
RPP-147-14-C6-Hb inclusion	7,099	0,901	0,308	0,082	0,029	0,389	-	0,011	4,241	0,009	1,832	0,188	0,023	17,112	Magnésio-hornblende
MP-157A-13-C3-Hb	7,646	0,354	0,037	0,029	0,031	0,239	-	0,008	4,741	0,006	1,872	0,053	0,007	17,024	Trémolite
MP-157A-13-C3-cpx inclusion	7,484	0,516	0,097	0,050	0,043	0,255	-	0,009	4,648	0,007	1,854	0,084	0,010	17,057	Hornblende trémolitique
RPP-01-A-14-C2-Cpx center	6,991	1,009	0,255	0,073	0,042	0,495	-	0,010	4,169	0,006	1,818	0,306	0,027	17,202	Magnésio-hornblende
RPP-01-A-14-C4-Cpx-1	7,165	0,835	0,228	0,037	0,045	0,484	-	0,009	4,252	0,007	1,799	0,257	0,023	17,142	Magnésio-hornblende
RPP-09-A-14-C3-Amph-1	7,351	0,649	0,189	0,052	0,044	0,332	-	0,011	4,422	0,008	1,900	0,054	0,010	17,022	Hornblende trémolitique
RPP-09-A-14-C4-Amph-1	7,415	0,585	0,162	0,041	0,046	0,327	-	0,012	4,460	0,003	1,906	0,046	0,008	17,012	Hornblende trémolitique
RPP-58-14-C1-cpx core	7,459	0,541	0,162	0,037	0,032	0,374	-	0,010	4,457	0,008	1,827	0,074	0,013	16,993	Hornblende trémolitique
RPP-58-14-C1-cpx rim	7,205	0,795	0,275	0,066	0,033	0,427	-	0,012	4,253	0,010	1,816	0,117	0,023	17,034	Magnésio-hornblende
RPP-58-14-C4-cpx	7,510	0,490	0,122	0,029	0,027	0,410	-	0,012	4,472	0,008	1,817	0,065	0,012	16,975	Trémolite
RPP-63C-14-C2-Hb	7,134	0,866	0,318	0,074	0,030	0,443	-	0,008	4,103	0,004	1,930	0,084	0,021	17,016	Magnésio-hornblende
RPP-63C-14-C5-Hb	7,183	0,817	0,302	0,068	0,028	0,444	-	0,008	4,123	0,000	1,931	0,083	0,014	17,002	Magnésio-hornblende
RPP-73-14-C4-Hb core	7,305	0,695	0,262	0,060	0,022	0,371	-	0,008	4,271	0,000	1,938	0,037	0,015	16,985	Hornblende trémolitique
RPP-73-14-C4-Hb rim	7,151	0,849	0,287	0,082	0,023	0,415	-	0,010	4,166	0,004	1,956	0,059	0,017	17,018	Magnésio-hornblende
RPP-74-14-C1-cpx	7,627	0,373	0,119	0,027	0,031	0,289	-	0,010	4,589	0,010	1,859	0,012	0,000	16,946	Trémolite
RPP-74-14-C1-cpx2	7,553	0,447	0,163	0,040	0,033	0,290	-	0,011	4,522	0,008	1,861	0,026	0,000	16,954	Trémolite
RPP-74-14-C3-cpx	7,529	0,471	0,158	0,043	0,036	0,298	-	0,009	4,529	0,009	1,853	0,024	0,000	16,959	Trémolite
RPP-78-14-C1-Hb	7,532	0,468	0,143	0,032	0,041	0,331	-	0,011	4,529	0,007	1,836	0,027	0,000	16,957	Trémolite
RPP-78-14-C1-Hb2	7,574	0,426	0,162	0,029	0,038	0,312	-	0,011	4,518	0,007	1,838	0,023	0,005	16,942	Trémolite
RPP-78-14-C2-Hb core	7,496	0,504	0,193	0,046	0,032	0,326	-	0,010	4,471	0,006	1,834	0,027	0,000	16,945	Hornblende trémolitique
RPP-78-14-C2-Hb rim	7,537	0,463	0,143	0,038	0,027	0,322	-	0,012	4,517	0,005	1,868	0,029	0,000	16,962	Trémolite
RPP-81-14-C5-Hb	7,521	0,479	0,190	0,046	0,021	0,320	-	0,012	4,497	0,007	1,823	0,019	0,000	16,937	Trémolite
RPP-81-14-C5-Hb2	7,483	0,517	0,178	0,047	0,031	0,312	-	0,011	4,491	0,007	1,864	0,019	0,000	16,961	Hornblende trémolitique
RPP-81-14-C6-Hb	7,495	0,505	0,169	0,053	0,016	0,304	-	0,011	4,535	0,008	1,851	0,015	0,000	16,962	Hornblende trémolitique
RPP-145-14-C2-Hb	7,350	0,650	0,212	0,040	0,030	0,415	-	0,011	4,324	0,006	1,815	0,193	0,014	17,060	Hornblende trémolitique
RPP-145-14-C2-Hb2	7,305	0,695	0,218	0,043	0,032	0,415	-	0,009	4,316	0,007	1,823	0,198	0,016	17,079	Hornblende trémolitique
RPP-145-14-C4-Hb	7,527	0,473	0,083	0,019	0,048	0,389	-	0,011	4,569	0,007	1,774	0,109	0,005	17,014	Trémolite
RPP-146-14-C5-Hb	7,227	0,773	0,293	0,063	0,030	0,418	-	0,008	4,233	0,012	1,830	0,122	0,014	17,022	Magnésio-hornblende
RPP-146-14-C5-Hb2	7,234	0,766	0,263	0,067	0,028	0,413	-	0,008	4,272	0,011	1,841	0,109	0,016	17,026	Magnésio-hornblende
RPP-18-14-C1-Amph-1	6,961	1,039	0,306	0,066	0,028	0,622	-	0,012	4,058	0,007	1,777	0,175	0,026	17,076	Magnésio-hornblende
RPP-18-14-C2-amph-1	7,072	0,928	0,285	0,053	0,022	0,609	-	0,014	4,067	0,008	1,805	0,156	0,022	17,041	Magnésio-hornblende

## Annexe 3I : Amphibole

Basé sur 23O (Open University)	Si	Al <sup>iv</sup>	Al <sup>vi</sup>	Ti	Cr	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Mn	Mg	Ni	Ca	Na	K	Total	
Échantillon															Amphibole
RPP-24-14-C2 Amph	7,443	0,557	0,101	0,030	0,019	0,646	-	0,016	4,442	0,006	1,568	0,059	0,014	16,902	Hornblende trémolitique
RPP-24-14-C5-Cpx core	7,440	0,560	0,080	0,027	0,020	0,657	-	0,017	4,451	0,005	1,581	0,058	0,012	16,909	Hornblende trémolitique
RPP-24-14-C5-Cpx rim	7,355	0,645	0,168	0,033	0,034	0,695	-	0,018	4,269	0,005	1,578	0,066	0,011	16,879	Hornblende trémolitique
RPP-27-14-C1-Amph	7,063	0,937	0,293	0,049	0,035	0,650	-	0,014	4,009	0,008	1,792	0,141	0,019	17,010	Magnésio-hornblende
RPP-27-14-C3-Amph	6,986	1,014	0,351	0,056	0,030	0,656	-	0,014	3,923	0,007	1,801	0,164	0,023	17,026	Magnésio-hornblende
RPP-27-14-C5-Amph	6,988	1,012	0,326	0,063	0,036	0,667	-	0,015	3,956	0,010	1,769	0,149	0,025	17,016	Magnésio-hornblende
RPP-27-14-C5-Amph-2-core	7,358	0,642	0,179	0,030	0,020	0,601	-	0,013	4,257	0,008	1,738	0,079	0,009	16,934	Hornblende trémolitique
RPP-27-14-C5-Amph-2-rim	6,994	1,006	0,330	0,056	0,042	0,664	-	0,014	3,973	0,009	1,752	0,154	0,025	17,019	Magnésio-hornblende
RPP-43-14-C2-Amph	7,078	0,922	0,327	0,063	0,019	0,654	-	0,013	4,000	0,008	1,744	0,127	0,015	16,969	Magnésio-hornblende
RPP-43-14-C6-amph	7,097	0,903	0,270	0,051	0,027	0,632	-	0,012	4,039	0,006	1,774	0,232	0,015	17,059	Magnésio-hornblende
RPP-56-14-C1-Hb	7,316	0,684	0,268	0,047	0,021	0,523	-	0,012	4,147	0,000	1,832	0,063	0,013	16,926	Hornblende trémolitique
RPP-56-14-C2-cpx	7,433	0,567	0,206	0,031	0,020	0,473	-	0,011	4,294	0,003	1,832	0,054	0,010	16,935	Hornblende trémolitique
RPP-66-14-C1-Hb inclusion	7,557	0,443	0,118	0,027	0,027	0,352	-	0,010	4,547	0,004	1,843	0,031	0,005	16,964	Trémolite
RPP-66-14-C2-Hb inclusion	7,550	0,450	0,160	0,025	0,028	0,327	-	0,010	4,534	0,004	1,835	0,033	0,006	16,962	Trémolite
RPP-66-14-C3-Hb core	7,515	0,485	0,157	0,036	0,025	0,331	-	0,009	4,514	0,005	1,850	0,042	0,007	16,975	Trémolite
RPP-66-14-C3-Hb rim	7,493	0,507	0,200	0,023	0,028	0,344	-	0,011	4,483	0,000	1,832	0,043	0,005	16,969	Hornblende trémolitique
RPP-66-14-C3-Hb2	7,473	0,527	0,180	0,030	0,036	0,352	-	0,010	4,480	0,004	1,832	0,045	0,006	16,976	Hornblende trémolitique
RPP-87-14-C5-Hb1	7,141	0,859	0,317	0,066	0,019	0,627	-	0,015	3,999	0,008	1,773	0,099	0,015	16,939	Magnésio-hornblende
RPP-87-14-C5-Hb2	7,179	0,821	0,288	0,057	0,021	0,605	-	0,015	4,067	0,007	1,786	0,091	0,012	16,948	Magnésio-hornblende
RPP-106-14-C1-Amph	7,236	0,764	0,297	0,039	0,024	0,626	-	0,013	4,055	0,005	1,756	0,095	0,012	16,923	Magnésio-hornblende
RPP-106-14-C4-Amph core	7,146	0,854	0,293	0,051	0,020	0,625	-	0,012	4,089	0,008	1,755	0,098	0,012	16,963	Magnésio-hornblende
RPP-120A-C3-Amph	6,816	1,184	0,368	0,073	0,032	0,718	-	0,015	3,890	0,009	1,735	0,224	0,019	17,082	Magnésio-hornblende
RPP-121-14-C5-Hb dark	7,053	0,947	0,345	0,059	0,029	0,579	-	0,011	4,039	0,008	1,781	0,158	0,016	17,025	Magnésio-hornblende
RPP-121-14-C5-Hb bright	7,026	0,974	0,324	0,055	0,030	0,573	-	0,014	4,085	0,008	1,787	0,167	0,019	17,062	Magnésio-hornblende
RPP-122-14-C3-Hb brgiht	6,809	1,191	0,369	0,061	0,041	0,735	-	0,016	3,819	0,010	1,754	0,297	0,018	17,120	Magnésio-hornblende
RPP-122-14-C3-Hb dark	6,877	1,123	0,355	0,061	0,036	0,720	-	0,015	3,849	0,010	1,751	0,283	0,017	17,096	Magnésio-hornblende
RPP-127-14-C2-Cpx	7,373	0,627	0,209	0,034	0,032	0,495	-	0,012	4,340	0,005	1,766	0,034	0,008	16,933	Hornblende trémolitique
RPP-128-14-C4-Hb	7,372	0,628	0,239	0,042	0,024	0,523	-	0,014	4,212	0,004	1,792	0,043	0,013	16,907	Hornblende trémolitique
RPP-129-14-C2-Hb dark	7,128	0,872	0,321	0,043	0,033	0,654	-	0,016	3,955	0,008	1,772	0,163	0,013	16,977	Magnésio-hornblende
RPP-129-14-C2-Hb bright	7,142	0,858	0,279	0,043	0,020	0,647	-	0,014	4,032	0,007	1,787	0,154	0,013	16,996	Magnésio-hornblende
IL-3143A-13-C3-Hb bright	6,867	1,133	0,425	0,082	0,017	0,624	-	0,014	3,833	0,006	1,807	0,243	0,044	17,094	Magnésio-hornblende
IL-3143A-13-C3-Hb dark	6,893	1,107	0,401	0,076	0,023	0,618	-	0,012	3,882	0,007	1,804	0,230	0,037	17,090	Magnésio-hornblende
RPP-120B-14-C1-Amph core	6,916	1,084	0,380	0,073	0,033	0,660	-	0,016	3,875	0,008	1,749	0,261	0,019	17,072	Magnésio-hornblende
RPP-120B-14-C1-Amph rim	7,024	0,976	0,284	0,058	0,036	0,627	-	0,015	4,070	0,009	1,735	0,232	0,014	17,080	Magnésio-hornblende
RPP-124A-14-C2-Amph-core	6,632	1,368	0,288	0,068	0,026	1,146	-	0,023	3,510	0,011	1,591	0,401	0,040	17,105	Magnésio-hornblende
RPP-124A-14-C2-Amph-rim	6,612	1,388	0,310	0,060	0,024	1,141	-	0,018	3,489	0,007	1,624	0,405	0,038	17,118	Magnésio-hornblende
RPP-124B-14-C5-Amph core	6,557	1,443	0,473	0,072	0,023	0,811	-	0,017	3,678	0,005	1,720	0,365	0,027	17,191	Magnésio-hornblende
RPP-124B-14-C5-Amph rim	6,545	1,455	0,512	0,080	0,019	0,819	-	0,018	3,615	0,004	1,708	0,367	0,025	17,168	Magnésio-hornblende
RPP-126-14-C5 Apmh core	6,550	1,450	0,393	0,071	0,029	0,992	-	0,018	3,617	0,010	1,598	0,412	0,022	17,164	Magnésio-hornblende
RPP-126-14-C5 Amph rim	6,488	1,512	0,423	0,078	0,036	1,020	-	0,016	3,542	0,009	1,577	0,448	0,025	17,174	Hornblende tschermakitique
RPP-108-14-C2-Hb dark	6,945	1,055	0,349	0,046	0,017	0,823	-	0,017	3,770	0,009	1,749	0,198	0,015	16,994	Magnésio-hornblende

## Annexe 3I : Amphibole

Basé sur 23O (Open University)	Si	Al <sup>iv</sup>	Al <sup>vi</sup>	Ti	Cr	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Mn	Mg	Ni	Ca	Na	K	Total	
Échantillon															Amphibole
RPP-108-14-C2-Hb bright	6,962	1,038	0,327	0,054	0,011	0,820	-	0,017	3,804	0,008	1,747	0,180	0,018	16,984	Magnésio-hornblende
RPP-108-14-C2-Hb core	7,134	0,866	0,207	0,041	0,012	0,856	-	0,017	3,988	0,009	1,654	0,129	0,011	16,925	Magnésio-hornblende
RPP-108-14-C2-Hb rim	6,945	1,055	0,373	0,048	0,014	0,839	-	0,018	3,713	0,008	1,763	0,164	0,018	16,958	Magnésio-hornblende
RPP-108-14-C4-Hb inclusion	6,908	1,092	0,339	0,112	0,018	0,842	-	0,015	3,610	0,006	1,777	0,190	0,041	16,950	Magnésio-hornblende
RPP-110-14-C4-Hb big	6,808	1,192	0,351	0,063	0,011	0,859	-	0,015	3,653	0,000	1,863	0,162	0,053	17,030	Magnésio-hornblende
RPP-110-14-C4-Hb small	6,825	1,175	0,306	0,075	0,012	0,857	-	0,014	3,681	0,005	1,875	0,148	0,053	17,025	Magnésio-hornblende
RPP-21-14-C1-Amph-1 core	6,912	1,088	0,047	0,099	0,011	1,629	-	0,027	2,862	0,000	1,789	0,223	0,051	16,738	Magnésio-hornblende
RPP-21-14-C1-Amph-2 rim	6,928	1,072	0,039	0,078	0,014	1,587	-	0,027	2,954	0,000	1,820	0,194	0,043	16,757	Magnésio-hornblende
RPP-100-14-C1-Hb core	6,478	1,522	0,087	0,151	0,000	2,162	-	0,034	2,077	0,000	1,755	0,319	0,118	16,704	Hornblende tschermakitique
RPP-100-14-C1-Hb rim	6,613	1,387	0,129	0,092	0,007	2,090	-	0,033	2,183	0,000	1,794	0,249	0,071	16,649	Magnésio-hornblende
RPP-111-14-C2-Amph core	6,709	1,291	0,135	0,113	0,005	1,907	-	0,035	2,499	0,004	1,661	0,230	0,068	16,657	Magnésio-hornblende
RPP-111-14-C2-Amph rim	6,681	1,319	0,177	0,105	0,006	1,874	-	0,030	2,495	0,003	1,683	0,232	0,071	16,677	Magnésio-hornblende
RPP-62A-14-C1-Hb	6,302	1,698	0,516	0,049	0,015	1,180	-	0,026	2,959	0,000	1,927	0,457	0,090	17,218	Hornblende tschermakitique
RPP-62A-14-C1-Hb dark	6,317	1,683	0,492	0,053	0,025	1,112	-	0,024	3,058	0,000	1,936	0,450	0,098	17,248	Hornblende tschermakitique
RPP-62A-14-C2-Hb dark	6,379	1,621	0,485	0,050	0,012	1,130	-	0,023	3,034	0,000	1,948	0,439	0,092	17,213	Hornblende tschermakitique
RPP-62A-14-C3-Hb dark	6,349	1,651	0,506	0,044	0,023	1,118	-	0,026	3,044	0,000	1,928	0,453	0,087	17,228	Hornblende tschermakitique
RPP-26-14-C4-Amph-1	6,764	1,236	0,134	0,078	0,006	1,795	-	0,030	2,595	0,000	1,784	0,273	0,030	16,724	Magnésio-hornblende
<b>Amphiboles ferro-magnésiens</b>															
RPP-01-A-14-C4-Opx-1	7,729	0,078	0,000	0,000	0,000	1,249	-	0,030	5,394	0,008	0,113	0,015	0,000	16,615	Magnésio-anthophyllite
RPP-80-14-C4-Hb core	7,612	0,319	0,000	0,008	0,018	0,840	-	0,018	5,868	0,009	0,079	0,037	0,000	16,810	Magnésio-anthophyllite
RPP-80-14-C4-Hb rim	7,781	0,044	0,000	0,000	0,006	0,871	-	0,018	5,974	0,007	0,057	0,000	0,000	16,759	Magnésio-anthophyllite
RPP-80-14-C5-opx core	7,737	0,134	0,000	0,000	0,013	0,834	-	0,016	5,969	0,008	0,063	0,000	0,000	16,773	Magnésio-anthophyllite
RPP-80-14-C5-opx rim	7,750	0,089	0,000	0,000	0,007	0,874	-	0,020	5,959	0,007	0,060	0,000	0,000	16,765	Magnésio-anthophyllite
RPP-24-14-C2 Opx	7,634	0,090	0,000	0,002	0,004	1,434	-	0,047	5,250	0,005	0,129	0,006	0,000	16,603	Magnésio-anthophyllite
RPP-126-14-C5 Opx inc	7,471	0,311	0,000	0,000	0,009	1,625	-	0,036	4,984	0,011	0,081	0,058	0,000	16,585	Magnésio-anthophyllite
RPP-120B-14-C1-Opx	7,593	0,102	0,000	0,000	0,011	1,731	-	0,033	4,876	0,009	0,125	0,012	0,000	16,492	Magnésio-anthophyllite
RPP-01B-14-C3 opx core	7,378	0,260	0,000	0,019	0,000	2,528	-	0,106	3,731	0,000	0,169	0,034	0,000	16,226	Magnésio-anthophyllite
RPP-01B-14-C3 opx rim	7,420	0,211	0,000	0,010	0,000	2,521	-	0,111	3,778	0,000	0,138	0,028	0,000	16,218	Magnésio-anthophyllite

## Annexe 3J : Chlorite

Analyses	Limites de detetion (wt%)	SiO <sub>2</sub> 0,053	TiO <sub>2</sub> 0,067	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,047	FeO 0,025	MnO 0,026	MgO 0,054	CaO n.a.	Na <sub>2</sub> O n.a.	K <sub>2</sub> O n.a.	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,038	NiO 0,028	Total
Échantillon	Lithologie												
RPP-04-14-C1-Chl dark	Harzburgite	29,627	0,16	20,24	3,725	0,011	30,899	-	-	-	0,754	0,24	85,656
RPP-04-14-C1-Chl bright	Harzburgite	29,828	0,142	20,047	3,646	0,018	31,232	-	-	-	0,709	0,235	85,857
RPP-09-B-14-C2-Chl-1	Harzburgite	29,868	0,18	19,088	3,16	0,023	31,936	-	-	-	1,562	0,184	86,001
RPP-41-14-C3-chl	Harzburgite	29,21	0,088	20,1	3,688	0,023	30,94	-	-	-	0,77	0,189	85,008
RPP-55-14-C3-Chl	Harzburgite	29,946	0,129	19,709	3,396	0,018	31,519	-	-	-	0,68	0,102	85,499
RPP-59-4-14-C1-chl	Harzburgite	29,716	0,116	19,116	3,573	0,022	31,267	-	-	-	1,174	0,09	85,074
RPP-68-14-C1 chl	Harzburgite	29,829	0,094	19,701	2,986	0,013	32,059	-	-	-	1,27	0,101	86,053
RPP-01-A-14-C3-Chl-1	Lherzolite	29,39	0,122	19,681	4,749	0,031	29,664	-	-	-	1,036	0,146	84,819
RPP-09-A-14-C2-Chl-1	Lherzolite	29,762	0,085	20,387	3,672	0,035	31,268	-	-	-	0,603	0,112	85,924

n.a. = non analysé

Basé sur 28O Open University	Si	Al <sup>iv</sup>	Al <sup>vi</sup>	Ti	Cr	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Mn	Mg	Ni	OH*	
Échantillon												Chlorite
RPP-04-14-C1-Chl dark	5,692	2,308	2,281	0,023	0,115	0,074	0,524	0,002	8,849	0,037	16	Clinochlore
RPP-04-14-C1-Chl bright	5,715	2,285	2,248	0,020	0,107	0,062	0,522	0,003	8,921	0,036	16	Clinochlore
RPP-09-B-14-C2-Chl-1	5,724	2,276	2,038	0,026	0,237	0,029	0,478	0,004	9,124	0,028	16	Clinochlore
RPP-41-14-C3-chl	5,068	2,932	0,313	0,011	0,106	0,000	3,484	0,003	8,003	0,026	16	Ripidolite
RPP-55-14-C3-Chl	5,159	2,841	0,321	0,017	0,093	0,000	3,394	0,003	8,095	0,014	16	Ripidolite
RPP-59-4-14-C1-chl	4,659	2,384	0,000	0,014	0,146	0,000	5,813	0,003	7,308	0,011	16	Corundophyllite
RPP-68-14-C1 chl	4,221	1,990	0,000	0,010	0,142	0,000	7,620	0,002	6,763	0,011	16	Pseudothuringite
RPP-01-A-14-C3-Chl-1	5,731	2,269	2,263	0,018	0,160	0,105	0,669	0,005	8,623	0,023	16	Clinochlore
RPP-09-A-14-C2-Chl-1	5,694	2,306	2,295	0,012	0,091	0,058	0,529	0,006	8,917	0,017	16	Clinochlore





## Annexe 3K : Grenat

Analyses		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NiO	Total
	Limites de détection (wt%)	0,053	0,067	0,047	0,025	0,026	0,054	0,033	n.a.	n.a.	0,038	n.a.	
Échantillon	Lithologie												
RPP-63-A-14-C5- garnet bright	Gabbro	38,577	< 0.067	20,888	17,476	1,239	2,114	19,32	-	-	< 0.038	-	99,614
RPP-63-A-14-C5- garnet dark	Gabbro	38,861	0,125	20,676	12,887	1,189	1,65	24,279	-	-	0,088	-	99,755
RPP-63-A-14-C5- garnet-2 core	Gabbro	38,502	0,078	20,756	14,251	1,426	1,93	22,484	-	-	< 0.038	-	99,427
RPP-63-A-14-C5- garnet-2 rim	Gabbro	38,514	0,108	20,542	13,358	1,146	1,701	23,816	-	-	< 0.038	-	99,185
RPP-63-A-14-C6 garnet	Gabbro	38,641	< 0.067	20,551	13,333	1,102	1,576	23,922	-	-	0,152	-	99,277
RPP-20-14-C2-garnet core	Métasédiment	36,989	< 0.067	20,845	31,242	< 0.026	2,862	3,703	-	-	< 0.038	-	95,641
RPP-20-14-C2-garnet rim	Métasédiment	37,285	< 0.067	19,996	31,496	< 0.026	2,238	4,085	-	-	< 0.038	-	95,1

n.a. = non analysé

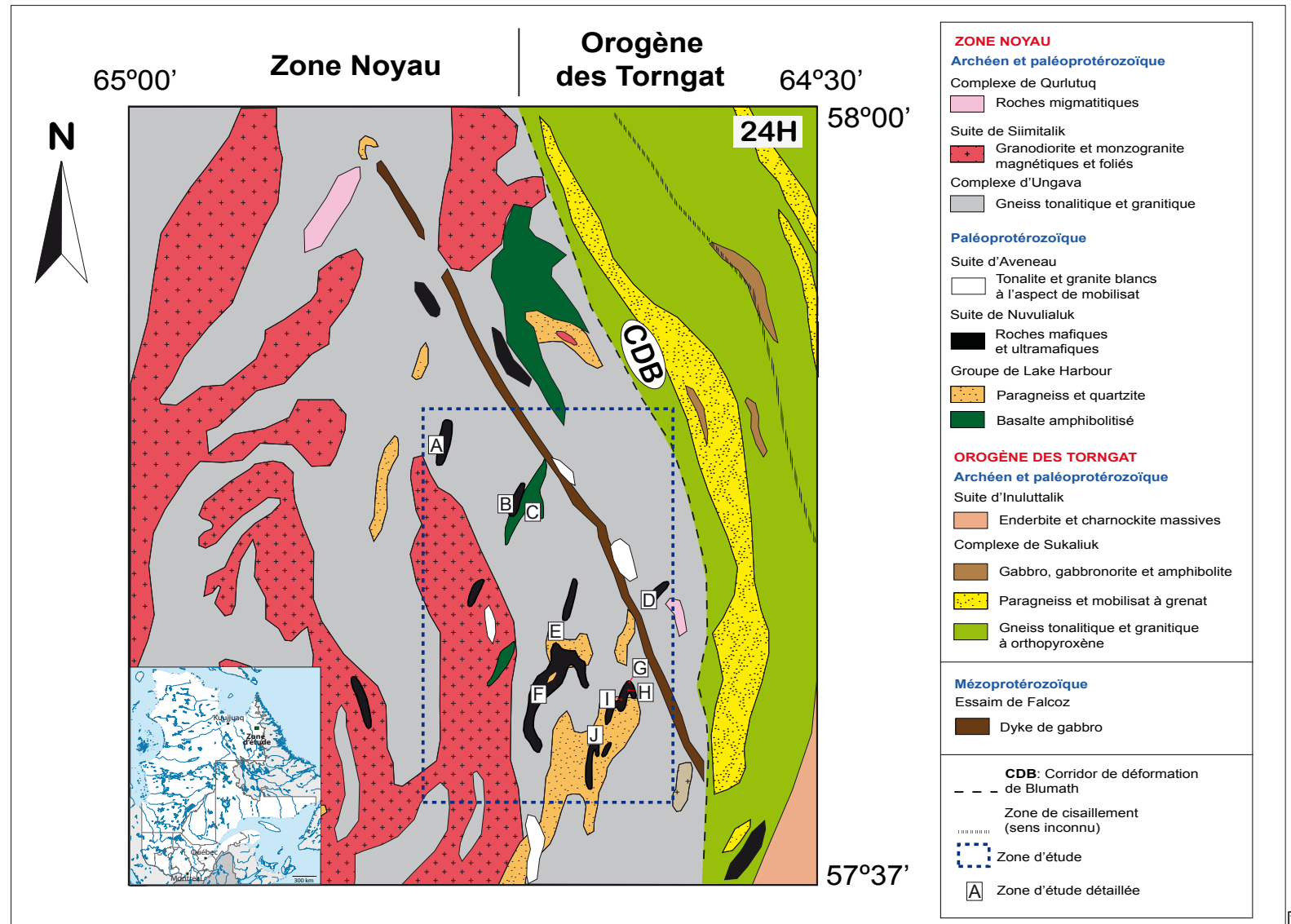
Basé sur 120 (Open University)		Si	Al <sup>iv</sup>	Al <sup>vi</sup>	Ti	Cr	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Mn	Mg	Ca	Total
Échantillon	Lithologie											
RPP-63-A-14-C5- garnet bright	Gabbro	3,006	0,000	1,923	-	-	0,063	1,076	0,082	0,246	1,613	8,009
RPP-63-A-14-C5- garnet dark	Gabbro	3,001	0,000	1,889	0,007	0,005	0,086	0,746	0,078	0,190	2,009	8,012
RPP-63-A-14-C5- garnet-2 core	Gabbro	2,991	0,009	1,899	0,005	-	0,086	0,840	0,094	0,224	1,872	8,018
RPP-63-A-14-C5- garnet-2 rim	Gabbro	2,995	0,005	1,885	0,006	-	0,096	0,773	0,075	0,197	1,984	8,017
RPP-63-A-14-C6 garnet	Gabbro	3,003	0,000	1,889	-	0,009	0,087	0,779	0,073	0,183	1,992	8,015
RPP-20-14-C2-garnet core	Métasédiment	2,824	0,176	1,260	-	-	1,830	0,164	-	0,326	0,303	6,883
RPP-20-14-C2-garnet rim	Métasédiment	2,847	0,153	0,918	-	-	2,011	0,000	-	0,255	0,334	6,518

Échantillon	Almandine (%)	Andradite (%)	Grossular (%)	Pyrope (%)	Spessartine (%)	Uvarovite (%)
RPP-63-A-14-C5- garnet bright	34,70	3,16	51,12	8,26	2,75	0,00
RPP-63-A-14-C5- garnet dark	23,10	4,37	63,22	6,42	2,63	0,27
RPP-63-A-14-C5- garnet-2 core	26,54	4,32	58,49	7,50	3,15	0,00
RPP-63-A-14-C5- garnet-2 rim	23,97	4,86	61,99	6,64	2,54	0,00
RPP-63-A-14-C6 garnet	24,31	4,42	62,21	6,15	2,44	0,47
RPP-20-14-C2-garnet core	20,72	38,20	0,00	41,08	0,00	0,00
RPP-20-14-C2-garnet rim	0,00	56,75	0,00	43,25	0,00	0,00



## **ANNEXE 4 : LES CARTES GÉOLOGIQUES**





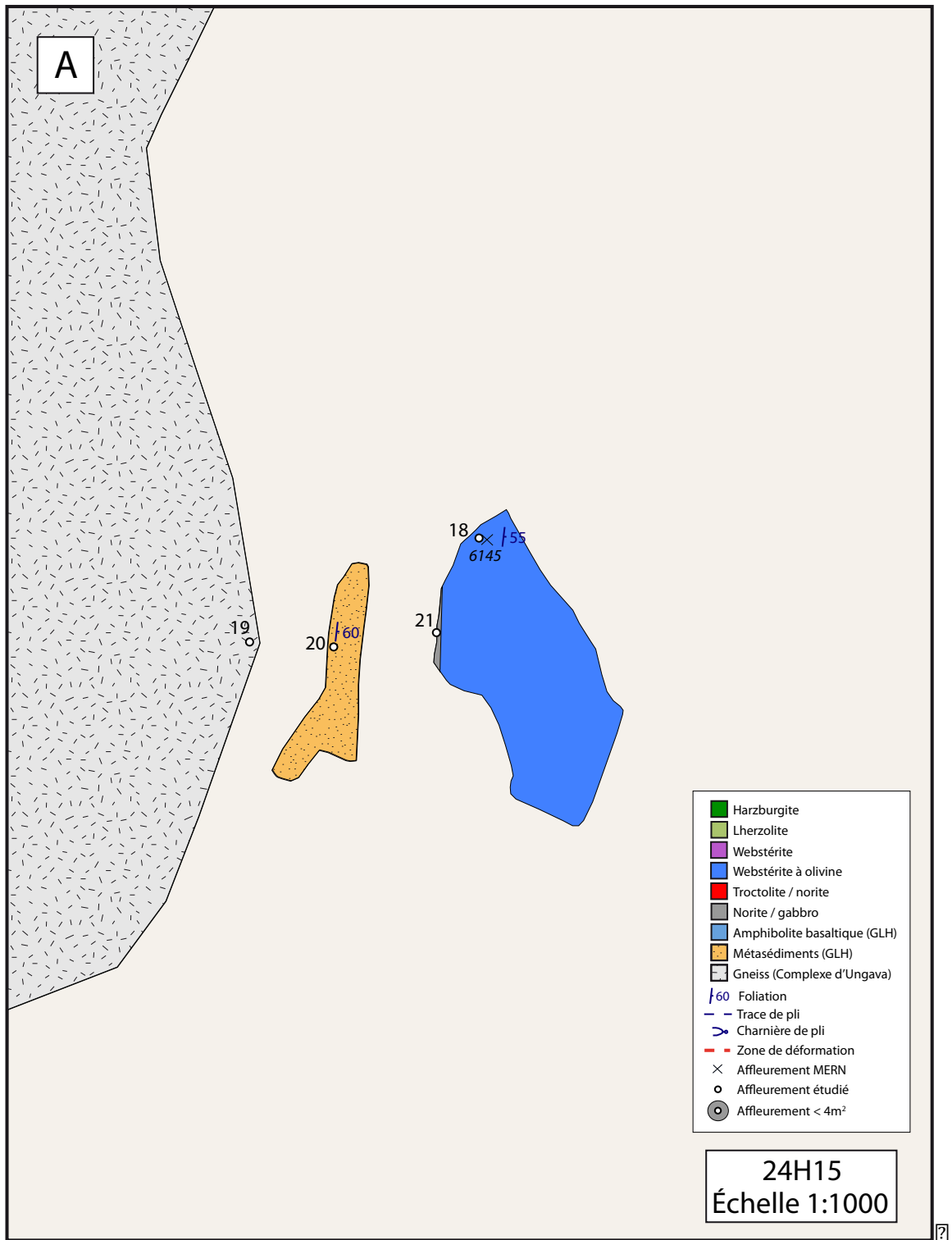
[illegible]

?

?

?

☐ ☐  
☐



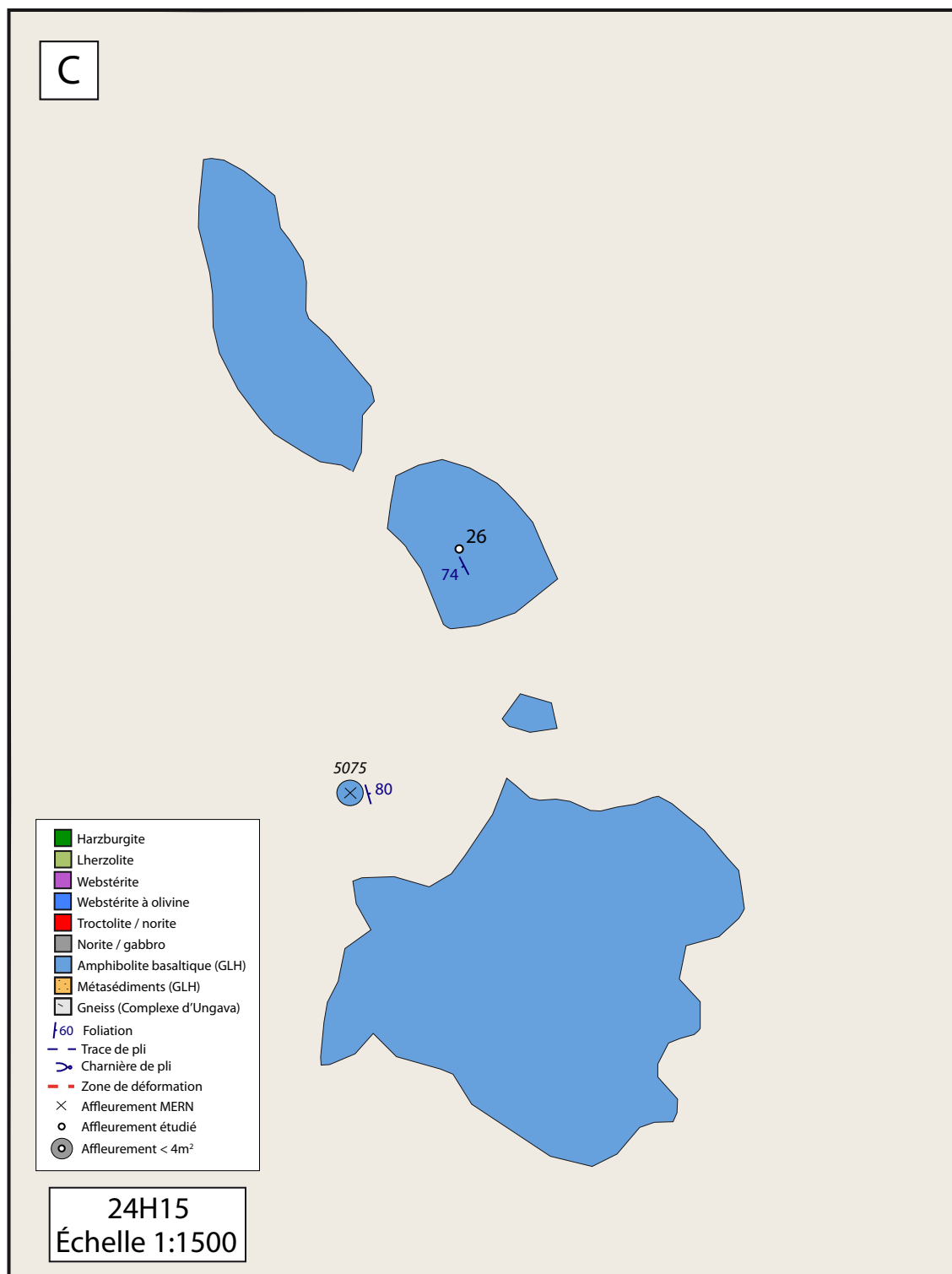
☐ ?  
☐ ?  
☐ ?  
☐ ?

?

???



## Annexe 4 – Cartographie géologique et colonnes stratigraphiques

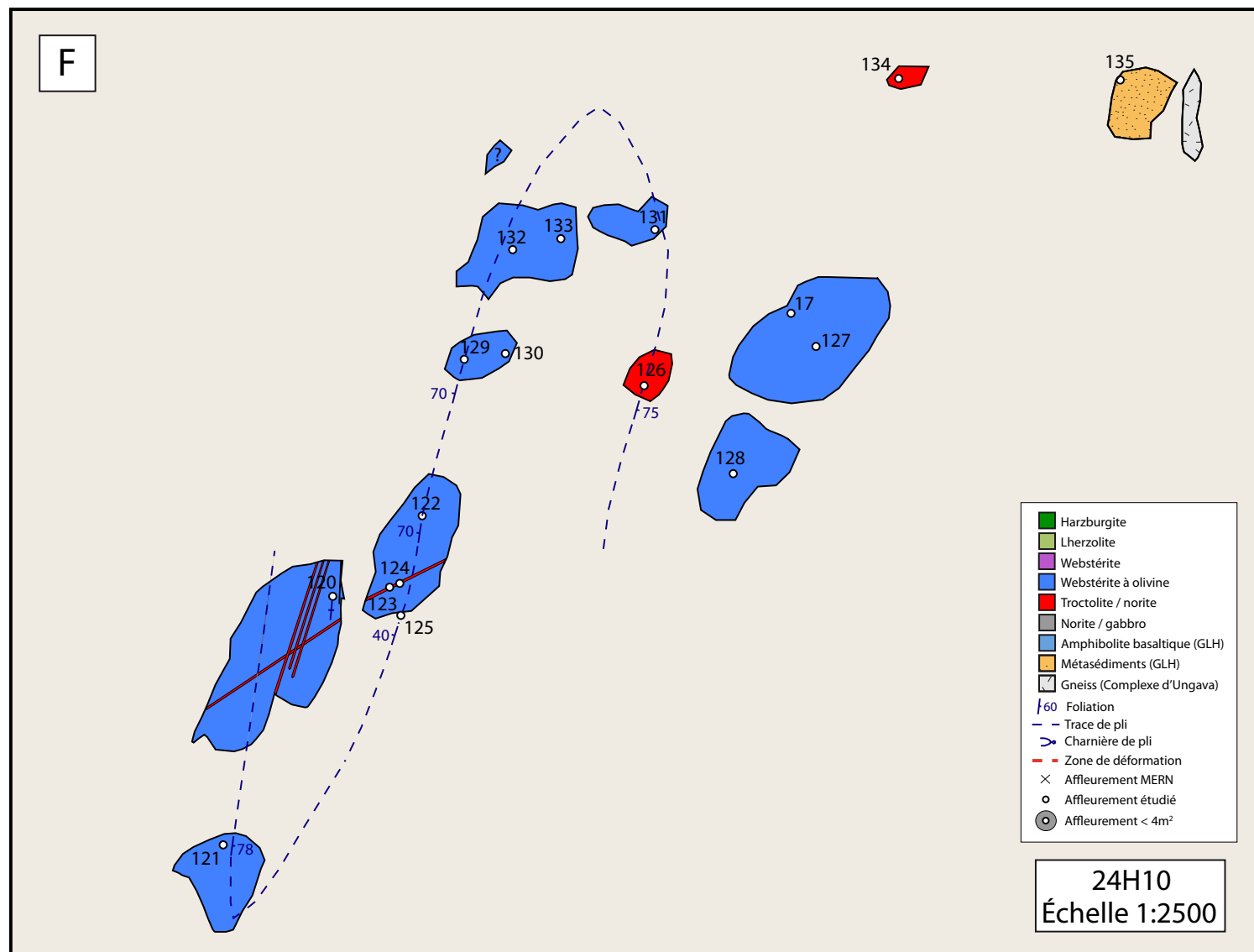




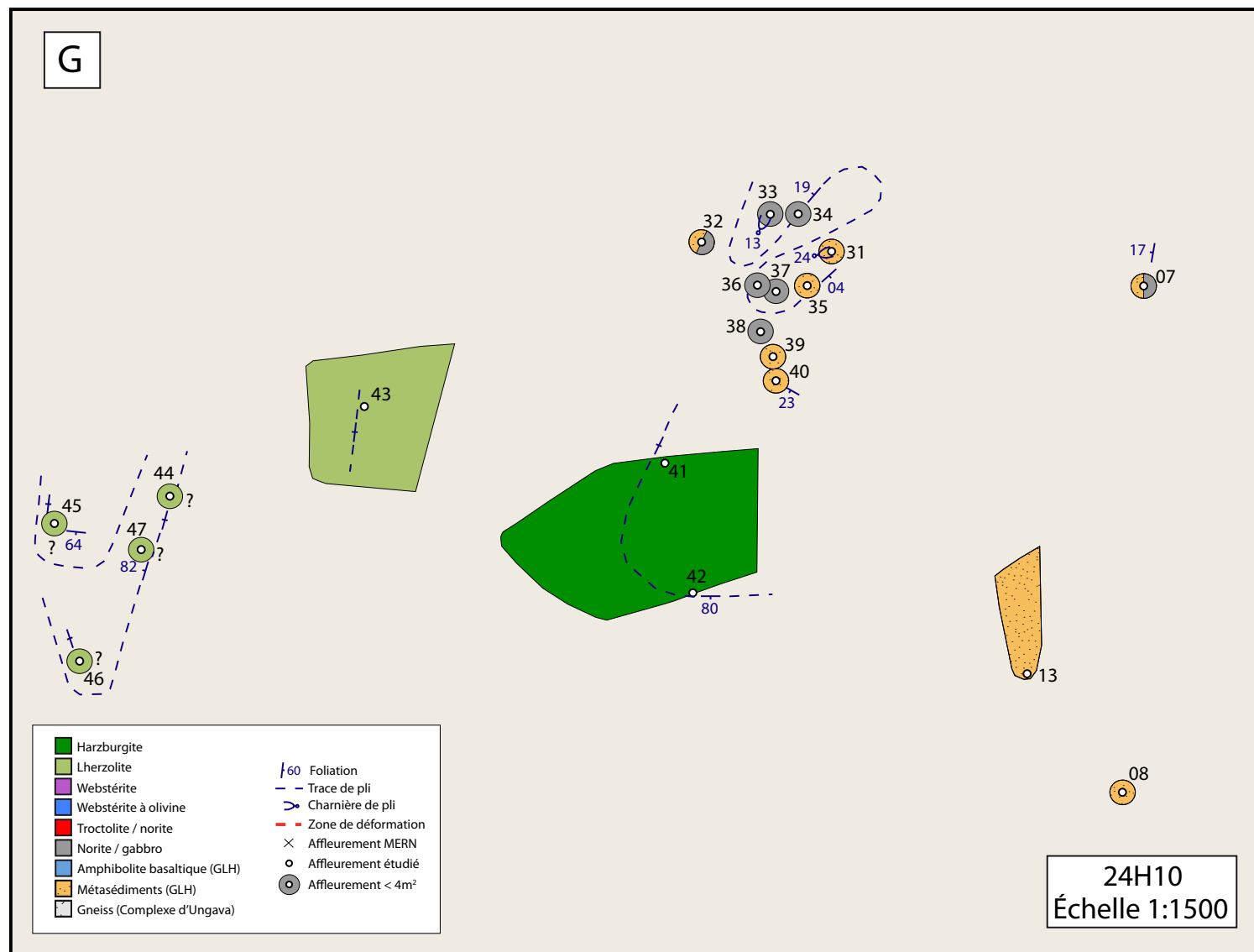




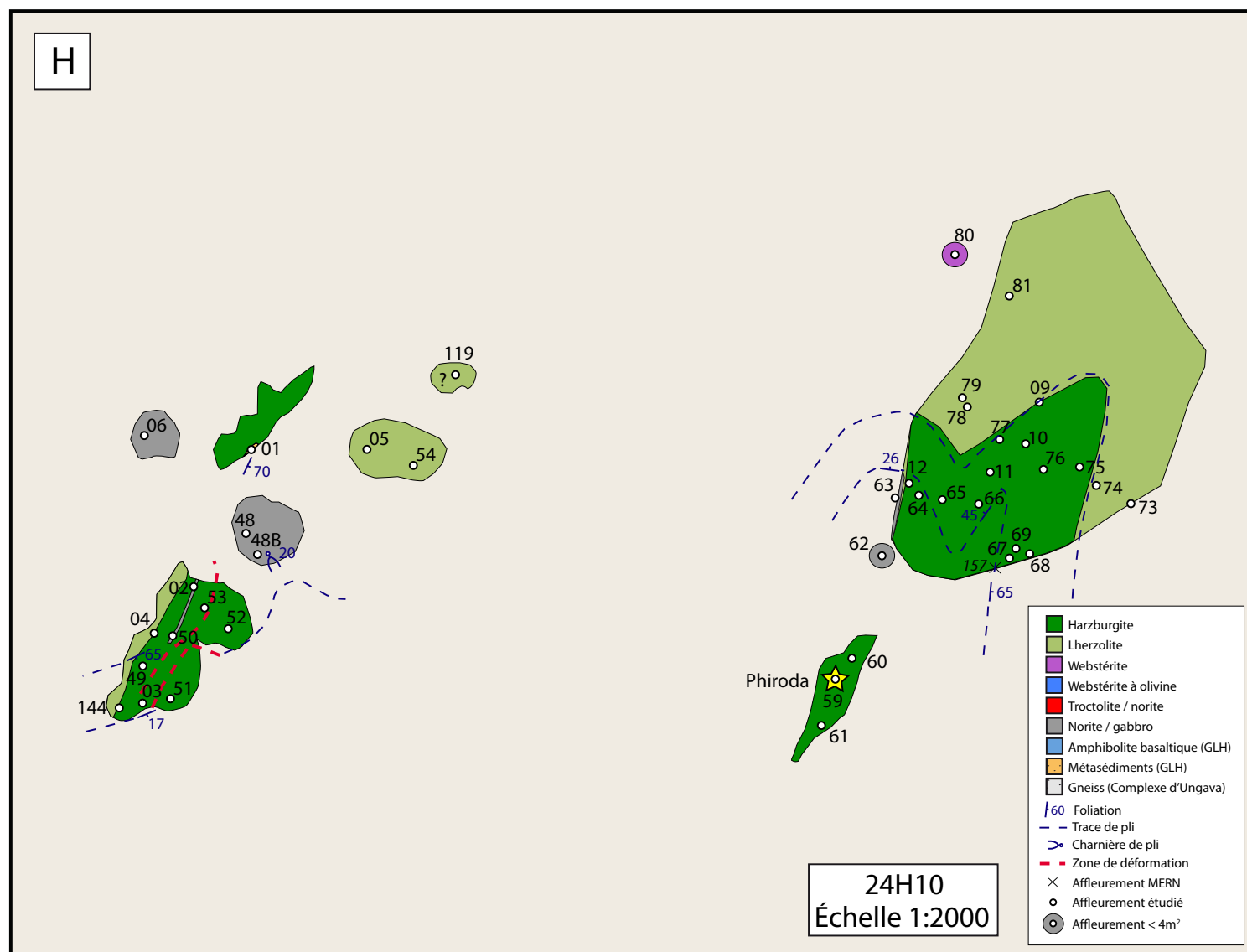
## Annexe 4 – Cartographie géologique et colonnes stratigraphiques



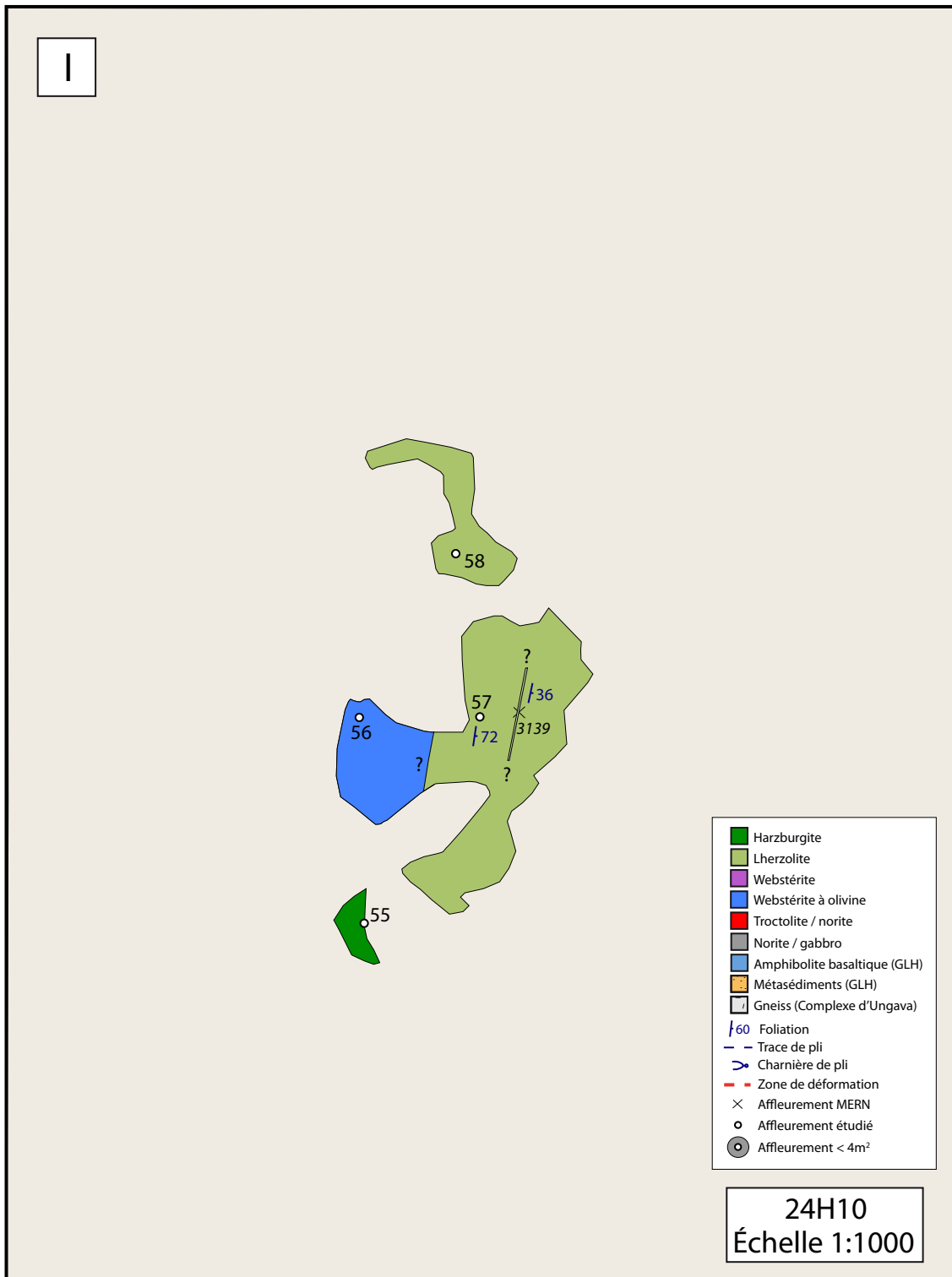
## Annexe 4 – Cartographie géologique et colonnes stratigraphiques



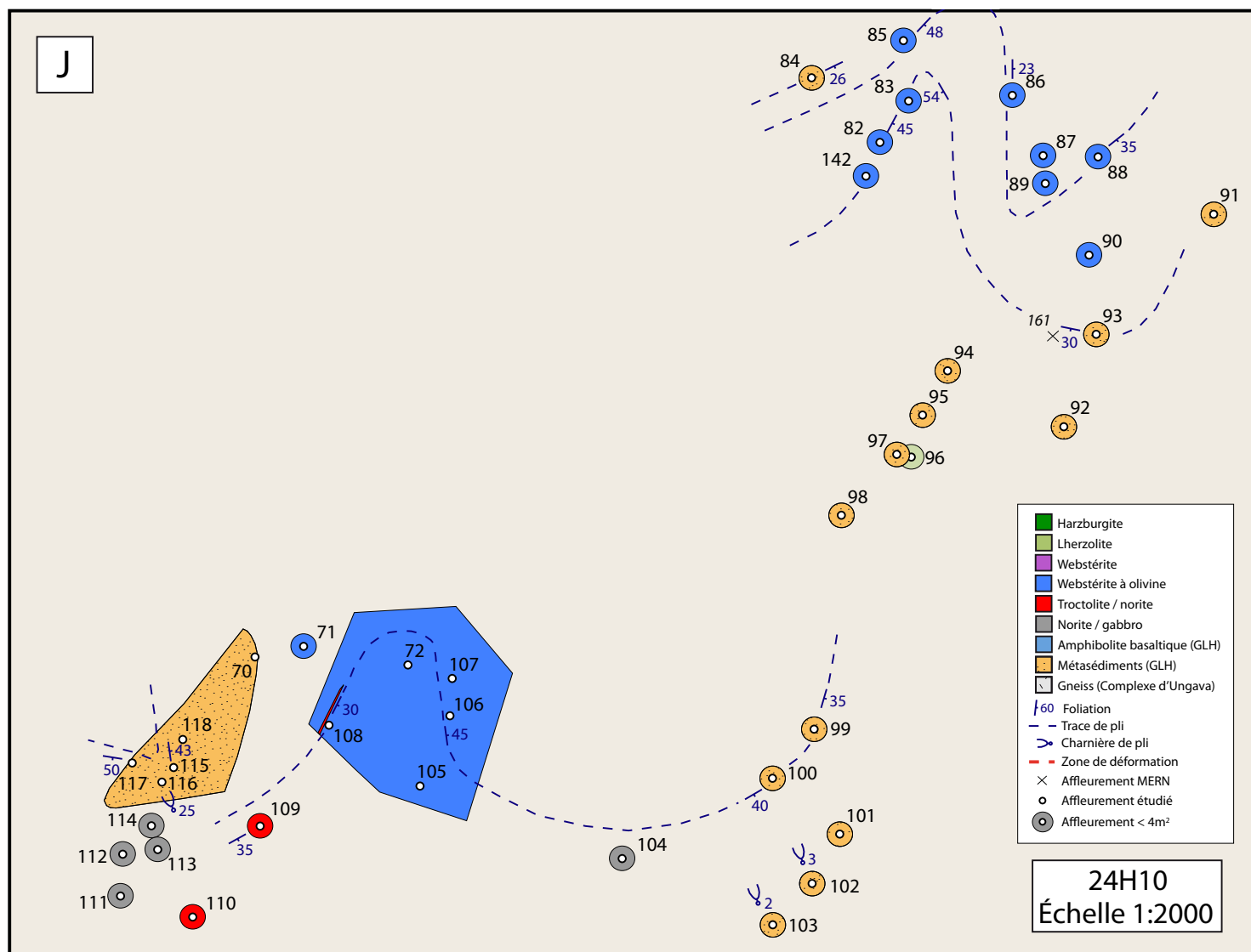
## Annexe 4 – Cartographie géologique et colonnes stratigraphiques



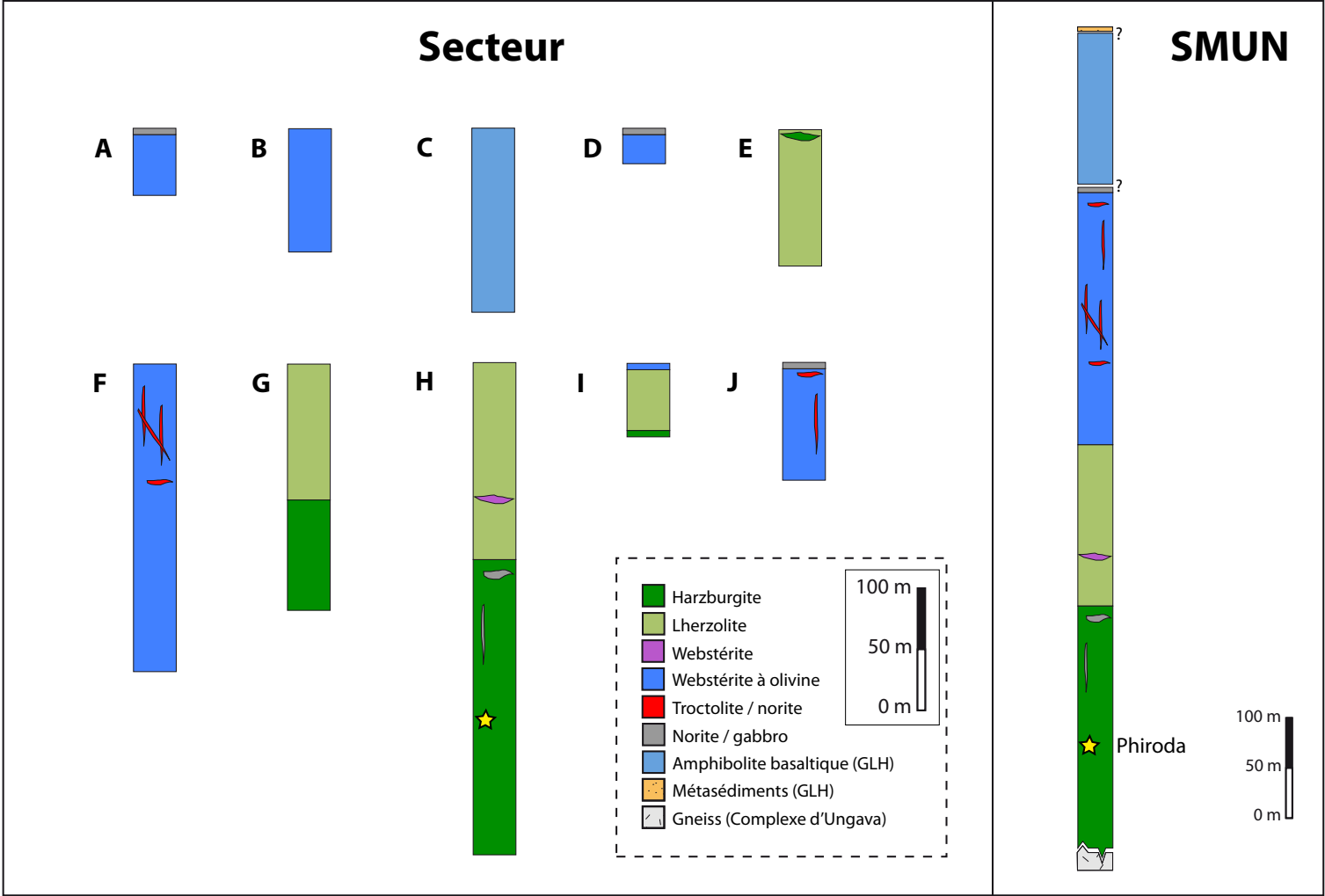
## Annexe 4 - Cartographie géologique et colonnes stratigraphiques



## Annexe 4 – Cartographie géologique et colonnes stratigraphiques



COLONNES STRATIGRAPHIQUES





## **ANNEXE 5 : LA DATATION U-Pb**



## Annexe 5 – Datation U-Pb sur des zircons

Dans le but de déterminer l'âge de cristallisation au sein de la SMUN et possiblement aussi les âges des événements tectono-métamorphiques, une datation géochronologique a été prévue sur ces roches. Initialement, cette datation était prévue sur des grains de baddeleyite,  $ZrO_4$ , plus communs dans les roches ultramafiques. Malgré l'échantillonnage, ces grains n'ont pas été retrouvés. À la place, des grains des zircons ont été récupérés.

L'échantillon récolté provient d'un affleurement de harzburgite (RPP10-14) fortement métamorphisée. La surface altérée présente une patine blanchâtre où des grains d'actinote sont visibles (figure 1).



*Figure 1 : Harzburgite fortement métamorphisée, à patine d'altération blanchâtre et des grains d'actinote observés.*

Le broyage de la roche et la séparation des grains de zircon ont été réalisés à l'Université du Nouveau-Brunswick (UNB). L'information sur la méthodologie de préparation n'a pas été transmise par l'université et demeure inconnue. Les grains de zircons ont été analysés par la méthode LA-ICP-MS. La méthode d'analyse est décrite en détail sur le site web du laboratoire de M. Chris McFarlane. Les photos des grains de zircon utilisés pour la procédure ne sont pas disponibles.

Le diagramme concordia est présenté à la figure 2. La fraction analysée la plus nombreuse tombe près de la courbe concordia et a livré des âges apparents qui se distribuent principalement entre 1725 Ma et 1850 Ma. Le calcul de régression a permis



## **ANNEXE 6 : LE CONGRÈS “QUÉBEC MINES 2014”**



### Caractérisation pétrologique et géochimique de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk, Province de Churchill SE, Québec

Rocío Pedreira Pérez<sup>1</sup>, Philippe Pagé<sup>1</sup>, Daniel Bandyayera<sup>2</sup>, Sarah-Jane Barnes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UQAC

<sup>2</sup>MERN

La Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk est localisée proche du contact entre la Zone Noyau et l'Orogène des Torngat, dans la partie SE de la Province de Churchill (dans les feuillets 24H10 et 24H15). Cette Suite est formée de plusieurs intrusions plurikilométriques, orientées NS, et mises en place le long du corridor de déformation de Blumath. Cette suite est composée de roches mafiques et ultramafiques métamorphisées qui recoupent la séquence sédimentaire clastique paléoprotérozoïque du Groupe de Lake Harbour dominé par des paragneiss, des quartzites ou d'une alternance de ces deux lithologies. Certains de ces niveaux de paragneiss de la base contiennent des sulfures disséminés (3-15%). Les intrusions mafiques-ultramafiques sont le résultat d'une activité magmatique accrue dans un domaine intraplaque continental associée aux plumes mantelliques. Il s'agit d'un contexte intéressant d'un point de vue économique pour la formation de minéralisations en Ni-Cu et éléments du groupe du platine (EGP).

Une cartographie et un échantillonnage systématique de ces intrusions ont été effectués durant l'été 2014, avec ~150 points d'observation. De plus, cinquante (50) échantillons ont été sélectionnés pour des analyses pétrographiques et lithogéochimiques subséquentes. Nos observations montrent que la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk est dominée par deux groupes des roches, des faciès ultramafiques (péridotitiques et pyroxénites) et des faciès mafiques (gabbros). Ces roches montrent des textures variées allant de niveaux à cumulat d'olivine (cristaux de  $\leq 5$  cm) et niveaux à mésocumulat d'olivine et pyroxène (avec des cristaux  $\leq 2-3$  cm et  $\leq 30$  cm, respectivement) alors que les faciès mafiques sont plutôt massifs. La fabrique de déformation varie entre des faciès peu déformés jusqu'à des zones localement mylonitisées. La foliation montre deux directions préférentielles: i) NE-SW ( $\sim N30^\circ E$ ) et ii) WNW-ESE ( $\sim N310^\circ E$ ), avec un pendage variable entre 50 et 90°. Aussi, des plis  $\sim N180^\circ E$  et  $\sim N275^\circ E$  avec un pendage faible (5-25°) ont été mesurés.

D'après les résultats préliminaires provenant de 8 échantillons collectés en 2013 par le Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN), ils peuvent se classer en quatre groupes: i) wehrilite avec Pd= 17 ppb et Pt= 11 ppb, ii) pyroxénites avec Pd= 12 ppb et Pt= 8 ppb (en moyenne), iii) amphibolite avec Pd= 6 ppb et Pt= 3 ppb et iv) gabbro avec Pd< 0.5 ppb et Pt= 2.5 ppb.

Les travaux à venir viseront à caractériser la pétrographie, la chimie minérale et la géochimie afin d'évaluer le potentiel économique de ces intrusions et d'identifier le contexte de mise en place.



# CARACTÉRISATION PÉTROLOGIQUE ET GÉOCHIMIQUE DE LA SUITE MAFIQUE-ULTRAMAFIQUE DE NUVULIALUK, PROVINCE DE CHURCHILL SE, QUÉBEC

Rocio Pedreira Pérez<sup>1</sup>, Philippe Pagé<sup>1</sup>, Daniel Bandyayera<sup>2</sup>, Sarah-Jane Barnes<sup>1</sup>

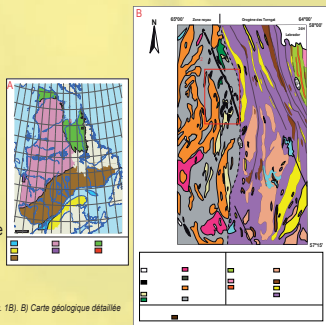
<sup>1</sup> Chaire de Recherche du Canada en Métallurgie Magnétique, UQAC (roocio.pedreira-perez@uqac.ca)  
<sup>2</sup> Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN)

## INTRODUCTION

La Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk (SMUN) est localisée dans la Zone Noyau, à proximité du contact avec l'Orogène des Torngat, dans la partie SE de la Province de Churchill (Fig. 1A; feuillets 24H10 et 24H15). Cette suite comprend plusieurs intrusions plurikilométriques, orientées NS ou NE-SW, et mises en place le long du corridor de déformation de Blumath (zone de suture les Provinces de Churchill SE et Nain; Lafrance et al., 2014; Fig. 1B) pendant le Paléoprotérozoïque.

La SMUN est composée de roches mafiques et ultramafiques variablement métamorphisées (faciès schiste vert-amphibolite). Cette suite recoupe la séquence sédimentaire clastique Paléoprotérozoïque du Groupe de Lake Harbour (GLH) dominée, dans la zone d'étude, par des paragneiss, par des quartzites, ou encore par une alternance de ces deux lithologies.

Fig. 1: A) Carte géologique du Québec et localisation de la région étudiée (Fig. 1B). B) Carte géologique détaillée de la région du Lac Henriette (modifié de Lafrance et al., 2014).



## STRATIGRAPHIE DE LA RÉGION ET CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La SMUN est composée par des roches ultramafiques et mafiques amphibolitisées (péridotites, pyroxénites et gabbros). Elle est localisée dans la Zone Noyau de la Province de Churchill SE, qui comprend deux domaines géologiques séparés par le Couloir de Déformation de Blumath (CDB; Fig. 1B). Du côté Ouest prédominent les roches gneissiques archéennes, alors que du côté Est les granitoïdes à orthopyroxène affectés par l'Orogène des Torngat sont prédominants (Lafrance et al., 2014).

Localement, la SMUN recoupe les roches paléoprotérozoïques du GLH, définie par Jackson et Taylor (1972) à l'île de Baffin. Le GLH est composé principalement de roches métasédimentaires (quartzites et paragneiss) mais aussi par des metabasites. La partie SE de la Province de Churchill repose sur le socle archéen (Wardle et al., 2002) composé par des gneiss tonaliques et granitiques (Complexe d'Ungava; Lafrance et al., 2014).

Le GLH a été daté à l'île de Baffin par Scott et Gauthier (1996) à 1,93 Ga. Cette séquence sédimentaire a été déposée dans un contexte de plateforme (Scott, 1997) suite à l'érosion d'un arc magmatique formé lors de la subduction de la Zone Noyau sous la province de Nain, entre 1,91 et 1,89 Ga (Wardle et al., 2002).

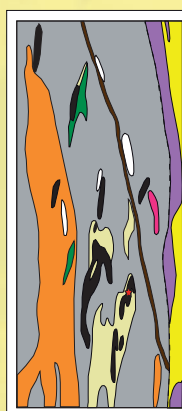


Fig. 2: Carte géologique détaillée de la région étudiée (localisée dans la Fig. 1B, modifié de Lafrance et al., 2014). L'étiquette correspond à la localisation de la cible Phéride (voir la section "Résultats des données géochimiques" dans "Interprétation préliminaire").

## MÉTHODOLOGIE ET PLOBLÉMATIQUE

Au cours de l'été 2013, le MERN a mené des levés géologiques dans la Zone Noyau (feuillets 24H10 et 24H15) afin d'en détailler la géologie. Cette première campagne de terrain a permis de prélever des données structurales et stratigraphiques à l'échelle 1:250 000.

L'intérêt suscité par la présence de ces roches mafiques et ultramafiques a mené le MERN à développer un projet de maîtrise en collaboration avec l'UQAC pour étudier ces roches. Dans le cadre de ce projet de maîtrise, une deuxième campagne de terrain fut réalisée à l'été 2014 pour densifier la maille des observations et l'échantillonnage.

Au terme de ces deux étés de terrain, environ 150 points d'observations ont été faits et 50 échantillons ont été sélectionnés pour être étudiés et analysés.

Ce projet de maîtrise vise, en plus de caractériser la cartographie, la pétrographie, la minéralogie et la géochimie des roches et des minéraux, à vérifier le potentiel économique de cette Suite de roches mafiques et ultramafiques mises en place dans des séquences sédimentaires, un contexte géologique favorable pour la formation de gisements économiques de sulfures ou d'oxydes magmatiques.

## RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES PROVENANT DE ...

### La géologie de terrain

La SMUN est dominée par deux groupes des roches, des faciès péridotitiques (la plupart des lherzolites, mais aussi des harzburgites, des wehrilites et des niveaux de dunite; Fig. 3A et 3B) et des faciès mafiques (pyroxénites et gabbros; Fig. 3C et 3D). Ces roches montrent des textures variées allant de niveaux à cumulat d'olivine (cristaux de  $\leq 5$  cm) et niveaux à mésocumulus d'olivine et pyroxène (avec des cristaux  $\leq 2-3$  cm et  $\leq 30$  cm, respectivement) alors que les faciès mafiques sont plutôt massifs. La fabrique de déformation varie entre des faciès peu déformés jusqu'à des zones localement mylonitisées. La foliation montre deux directions préférentielles: i) NE-SW ( $\sim 30^\circ$ E) et ii) WNW-ESE ( $\sim 310^\circ$ E), avec un pendage variable entre 50 et 90°. Aussi, des plis  $\sim 180^\circ$ E et  $\sim 275^\circ$ E avec un pendage faible ( $5-25^\circ$ ) ont été mesurés.

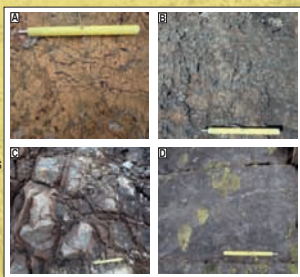


Fig. 3: Photographies des affleurements de la SMUN. A) Niveau à cumulus d'olivine serpentinisé. B) Niveau à mésocumulus d'olivine serpentinisé (relief négatif) et pyroxène (relief positif). C) Pyroxénite d'aspect breccien en contact avec une roche ultramafique. D) Niveau de gabbro à grain fin et sillons à certains endroits.

### La pétrographie

D'après les résultats préliminaires provenant de 8 échantillons collectés en 2013 par le MERN, ils peuvent se classer en trois groupes selon l'assemblage actuel: i) méta-péridotites, ii) méta-pyroxénites et iii) méta-gabbros. On observe dans les trois types de faciès une minéralisation sulfurée disséminée (de 1% à 5%) composée par un assemblage magmatique comprenant de la pyrrhotite, de la pentlandite, de la chalcopryrite et  $\pm$  pyrite.

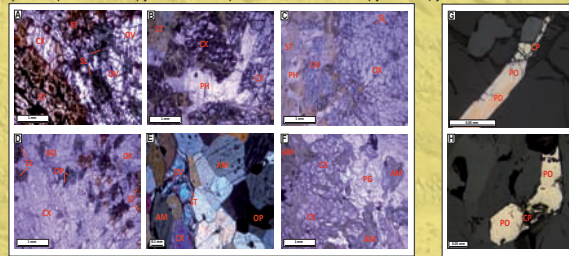
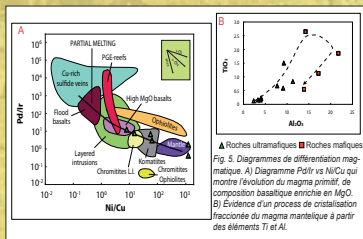


Fig. 4: Photographies au microscope de la SMUN (Olivine: OL; orthopyroxène: OX; clinopyroxène: AM; amphibole: PG; plagioclase: ST; serpentine: SL; spinelle: Ph; phlogopite: OP; opacités: PO; pyrrhotite: PP; pentlandite: CP; chalcopryrite: PY; pyrite: A). A) Méta-péridotite. B) Méta-pyroxénite. C) Méta-pyroxénite. D) Méta-pyroxénite à olivine (olivine non incluse dans la photo). E) Hornblende à olivine et clinopyroxène. F) Méta-gabbro à amphibole. G) Minéralisation à pentlandite, pyrrhotite et pyrite. H) Minéralisation à pyrrhotite et chalcopryrite.

### Les résultats des données géochimiques



Le diagramme Pd/Ni vs Ni/Cu proposé par Barnes et al. (1987; Fig. 5A) montre la différenciation magmatique d'un magma parental basaltique enrichi en MgO. Au début de la cristallisation fractionnée se forment des cumuls d'olivine et chromite de composition primitive qui évolue selon une tendance normale de fractionnement.

La différenciation magmatique est mise en évidence par l'évolution compositionnelle des roches ultramafiques montrant un enrichissement en Ti et Al progressif (Fig. 5B) jusqu'à l'apparition des faciès mafiques. À ce stade d'évolution, le contenu en Al diminue par la cristallisation des plagioclases. La diminution du contenu en Ti peut être reliée à la co-précipitation d'ilménite menant à la formation de gabbro à oxydes.

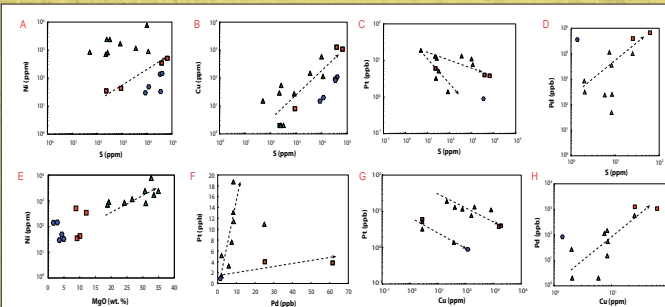


Fig. 6: Diagrammes binaires. A) Ni-S; B) Cu-S; C) Pd-S; D) Pd-S; E) Ni-MgO; F) Pd-Cu; G) Pd-Cu; H) Pd-Cu. ■ Roches ultramafiques ■ Roches mafiques ● Roches sédimentaires

Dans le diagramme Ni vs S (Fig. 6A), on observe une corrélation positive pour les roches mafiques suggérant un contrôle des minéraux sulfurés sur le contenu en Ni de ces roches. Par contre, pour les roches ultramafiques, les données montrent que l'olivine est la phase qui contrôle le Ni (Fig. 6E). Dans le cas du Cu, on observe une corrélation positive claire avec le S (Fig. 6B) suggérant que le Cu est contrôlé par des minéraux sulfurés. Pour le Pd, il montre aussi une corrélation positive avec le S et avec le Cu (Fig. 6D et 6H respectivement) ce qui suggère un contrôle par les minéraux sulfurés.

Par contre, les diagrammes Pd vs S, Pd vs Pd et Pd vs Cu (Fig. 6C, 6F et 6G respectivement) montrent des corrélations négatives selon deux tendances qu'on ne peut relier à la présence de sulfures. Des travaux plus détaillés sont nécessaires pour comprendre et interpréter correctement ces distributions et comment les processus secondaires ont pu influencer les concentrations des métaux d'intérêt économique.

Le contenu total en métaux communs de la SMUN est relativement faible (Fig. 7A). En général, les valeurs sont similaires aux valeurs du manteau primitif (Barnes et Lightfoot, 2005), avec des contenus qui varient entre légèrement enrichies et appauvries.

La variabilité du contenu en Cu des roches ultramafiques et mafiques suggère une certaine remobilisation hydrothermale préférentielle sur cet élément en comparaison avec les valeurs de Ni, plus stables.

Le patron généralement appauvri en EGP pour les faciès mafiques et ultramafiques, montre une extraction partielle de sulfures du magma comme indique la figure 7B pour certains échantillons ultramafiques. En plus de cette extraction précoce, les EGP ont pu être remobilisés par des fluides hydrothermaux avec le Cu.

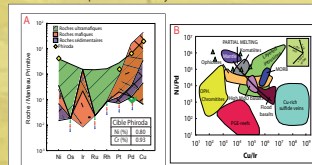


Fig. 7: A) Contenu en métaux communs de la SMUN et des roches sédimentaires encadrées normalisées aux valeurs du manteau primitif (Barnes et Lightfoot, 2005). Les roches encadrées indiquent les LOD. B) Diagramme Ni/Pd vs Cu/Pd qui montre l'évolution du magma primitif de composition basaltique riche en MgO.

## TRAVAUX À VENIR

Pour l'instant, seulement la description pétrographique au microscope des échantillons du 2013 a été complétée.

Les 50 échantillons collectés pendant l'été 2014 seront préparés pour des lames minces polies. Une fois l'étude pétrographique de tous les échantillons complétée, 45 seront sélectionnés pour des analyses géochimiques des éléments majeurs, mineurs, traces, métaux communs et EGP. Des analyses à la microsonde électronique et d'ablation laser et spectroscopie de masse (LA-ICP-MS) seront réalisées sur certains échantillons.

Les travaux à venir viseront à caractériser la pétrographie, la chimie minérale et la géochimie afin d'évaluer le potentiel économique de ces intrusions et d'identifier le contexte de mise en place. Une réévaluation des cartes géologiques sera aussi réalisée pour préciser la morphologie des corps.

## RÉFÉRENCES

- Barnes, S.-J., Boyd, R., Kornfuss, A., Nilsson, L., Olsen, M., Pedersen, R.B. et Roberts, B. (1987). The use of matrix normalization and metal ratios discriminating between the effects of partial melting, crystal fractionation and sulphide segregation on platinum group elements, gold, nickel and copper: examples from Norway. En: Pichat, H.M., Potts, P.J., Bowles, J.F.H. et Orville, S. (Eds.), *Platinum 87*. Elsevier, London, 113-134.
- Barnes, S.-J. et Lightfoot, P.C. (2005). Formation of magmatic nickel-sulfide ore deposits and processes affecting their copper and platinum-group elements contents. En: Hedenquist, J.W., Thompson, J.F.H., Goldfarb, R.J. et Richards, J.P. (Eds.), *Economic Geology 100th Anniversary Volume*, 179-212.
- Jackson, G.D. et Taylor, P.C. (1972). Correlation of major Aeghean rock units in the northeastern Canadian Shield. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 9, p.1050-1069.
- Lafrance, I., Bandyayera, D. et Blodet, C. (2014). Géologie de la région du lac Henriette (SRNC 244). Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec: RGXX (sous presse).
- Savard, D., Barnes, S.-J. et Meisel, T. (2011). Comparison between Nickel-Sulfide Fire Assay Te, Co-precipitation and Isotope Dilution with High-Pressure/Acid Digestion for the Determination of Platinum-Group Elements, Rhodium and Gold. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 75 (3), p.281-291.
- Scott, D. J. et Gauthier, G. (1996). Comparison of TMS (Pb) and Laser Ablation Microprobe (ICP-MS) techniques for age determination of detrital zircons from Paleoproterozoic metasedimentary rocks from northeastern Laurentia, Canada, with isotopic implications. *Chemical Geology*, 131, p.127-142.
- Scott, D. J. (1999). Geology, U-Pb and Pb-Pb geochronology of the Lake Harbour area, southern Baffin Island: implications for the Paleoproterozoic tectonic evolution of northeastern Laurentia. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 36, p.140-155.
- Wardle, R. J., James, D. T., Scott, D. J. et Hall, J. (2002). The southeastern Churchill Province: synthesis of a Paleoproterozoic transcontinental orogen. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 39, p.639-663.



## **ANNEXE 7 : LE CONGRÈS “QUÉBEC MINES 2015”**



### **Nature et origine des roches de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk, Province de Churchill SE, Québec : Caractérisation pétrologique et géochimique, et implications sur la géologie régionale**

Rocío Pedreira Pérez<sup>1</sup>, Philippe Pagé<sup>1</sup>, Daniel Bandyayera<sup>2</sup>, Sarah-Jane Barnes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UQAC

<sup>2</sup>MERN

La Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk est située proche du corridor de déformation de Blumath, une ancienne zone de suture au contact entre la Zone Noyau et l'Orogène des Torngat, dans la partie SE de la Province Churchill (feuillets 24H10 et 24H15). Cette suite est formée de plusieurs corps mafiques-ultramafiques de taille plurikilométriques d'orientation nord-sud et distribués parallèlement au corridor de déformation de Blumath. Les roches mafiques-ultramafiques sont variablement métamorphisées et elles sont en contact avec les gneiss tonalitiques et granitiques du Complexe d'Ungava et la séquence sédimentaire clastique paléoprotérozoïque du Groupe de Lake Harbour.

La cartographie et l'échantillonnage de ces corps ont été effectués durant l'été 2014. Environ 150 points d'observation ont été réalisés au cours de cette campagne de terrain. La Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk est dominée par quatre types des faciès : i) péridotitiques, ii) pyroxénitiques, iii) gabbroïques, et iv) amphibolitiques. Jusqu'à maintenant, nos observations montrent que les faciès péridotitiques présentent des textures complexes et variées laissant croire à la présence de deux sous-groupes, ce qui semble se confirmer par l'étude de la géochimie des éléments traces. Le premier sous-groupe pourrait représenter des faciès d'origine mantellique alors que le second pourrait représenter des cumulats ultramafiques. Les pyroxénites semblent représenter des cumulats résultant d'un processus de cristallisation fractionnée. Les gabbros sont plutôt massifs et représentent certainement des cumulats plus mafiques. Les faciès amphibolitiques restent à être examinés avec plus de détail pour vérifier s'il s'agit de gabbros plus fortement métamorphisés, ou s'il s'agit de faciès méta-volcaniques.

Les travaux en cours visent notamment à préciser ces premières observations sur la nature des faciès péridotitiques. Pour y arriver, il faudra compléter les descriptions pétrographiques en s'attardant particulièrement aux textures des roches, à leur degré de métamorphisme et d'altération, de même qu'à l'intensité de la déformation qui les affecte. On s'attend à observer des contrastes entre les roches d'origine mantellique et celles d'origine crustale. De plus, les analyses de la chimie minérale et les données de géochimie sur roche totale devraient aussi faciliter la discrimination entre les deux groupes de roches.

Le contenu total en métaux communs et en éléments du groupe du platine de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk sont généralement faibles (24-9170 ppm Ni; <1-581 ppm Cu; 10,83-50,09 ppb EGP) et le Ni semble être contrôlé par les phases silicatées. Malgré ces premiers résultats, on retrouve localement des niveaux à sulfures disséminés associés à des faciès péridotitiques (indice Phiroda).

# Nature et origine des roches de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk, Province de Churchill SE, Québec : Caractérisation pétrologique-géochimique et implications sur la géologie régionale

Rocio Pedreira Pérez<sup>1</sup>, Philippe Papé<sup>2</sup>, Daniel Bandysyera<sup>2</sup>, Sarah-Jane Barnes<sup>2</sup>  
1. Chaire de Recherche du Canada en Métallurgie Magmatique, UQAC (roocio.pedreira-perez@uqac.ca)  
2. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN)

## LOCALISATION ET OBJECTIFS

La Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk (SMUN) est située près du corridor de déformation de Blumath, une possible ancienne zone de suture au contact de la Zone Noyau et l'Orogène des Torngat, dans la partie SE de la Province Churchill (Fig. 1A; feuillet 24H10 et 24H15).

Cette suite est formée de plusieurs corps mafiques-ultramafiques de taille plurikilométrique d'orientation nord-sud et distribués parallèlement au corridor de déformation de Blumath.

Ces corps sont variablement métamorphisés et déformés et ils sont en contact avec les gneiss tonaliques et granitiques du Complexe d'Ungava et la séquence sédimentaire clastique paléoproterozoïque du Groupe de Lake Harbour.

Pour la caractérisation pétrographique et géochimique des roches de la SMUN, ce projet consiste à répondre aux deux objectifs principaux:

- 1) Identifier la nature des roches de la SMUN et préciser leur contexte de mise en place.
- 2) Évaluer le potentiel économique de ces intrusions.

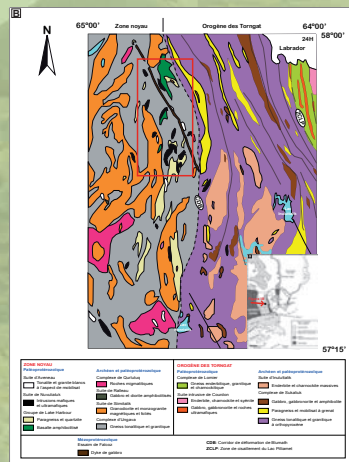


Fig. 1. A) Localisation géographique et géologie de la Province de Churchill SE. B) Carte géologique détaillée de la région du Lac Henriette (modifié de Lafrenière et al., 2014).

## RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES PROVENANT DE...

### Les travaux sur le terrain

La SMUN est dominée par deux groupes des roches :

- Des faciès ultramafiques (Fig. 2) :
  - Périoditiques, composés de lherzolites (Fig. 3A) et de harzburgites (Fig. 3B).
  - Pyroxénitiques, principalement composés de webstérites à olivine (Fig. 3C) mais aussi de webstérites (Fig. 3D), de clinopyroxénites à olivine (Fig. 3E), de clinopyroxénites (Fig. 3F) et d'orthopyroxénites à olivine (Fig. 3G).
- Des faciès mafiques :
  - Gabbroïques (Fig. 3H).

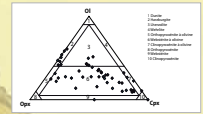


Fig. 2. Classification des roches ultramafiques selon le contenu modal en olivine, orthopyroxène et clinopyroxène. La répartition présente dans les roches de la SMUN est caractéristique d'un type de roches ultramafiques à olivine olivine principal, et est classée selon la réaction  $14\text{O} + 10\text{Cpx} + 3\text{HfO} = 4\text{Grt} + 4\text{En} + 4\text{Fs}$  (Bucher et Cooper, 2001). Les amphibolites, clinopyroxénites, sont formées par l'altération des clinopyroxénites.

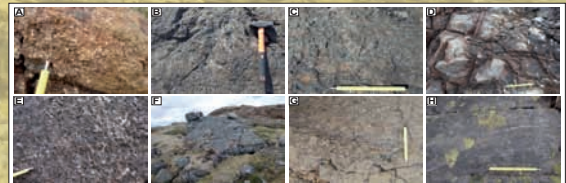


Fig. 3. Photographies des affleurements de la SMUN. (A) Lherzolite, (B) Harzburgite, (C) Webstérite, (D) Clinopyroxénite, (E) Clinopyroxénite à olivine, (F) Clinopyroxénite à olivine, (G) Clinopyroxénite à olivine, (H) Gabbro.

## La géologie structurale

La fabrique de déformation varie entre des faciès peu déformés jusqu'à des zones localement mylonitisées pour les roches ultramafiques et généralement des faciès à déformation faible pour les roches mafiques et sédimentaires.

Les trois groupes présentent au moins deux directions préférentielles dans les mesures de la foliation et des axes de plis.

- Les roches ultramafiques (n=22; Fig. 4A et 4B): i) -N30°E; ii) -N200°E. Les deux groupes présentent des pendages plongeants à subverticaux. Les roches ultramafiques montrent des axes de plis subhorizontaux à subverticaux plongeant vers le Sud-Ouest. Ces plis présentent un angle d'ouverture fermé.
- Les roches mafiques (n=5): i) -N25°E; ii) Variable. Le pendage varie de subhorizontal à subvertical. Les axes de plis subhorizontaux plongent vers le Nord-Est et le Sud-Ouest. Ces plis présentent un angle d'ouverture fermé.
- Les roches sédimentaires (n=12; Fig. 4C): i) -Nord-Sud - Nord-Est - Sud-Ouest; ii) -Est-Ouest. Le pendage varie de subhorizontal à subvertical. Les axes de plis subhorizontaux plongent vers diverses directions: Est, Ouest, Nord-Ouest et Sud-Est. Ces plis sont ouverts.

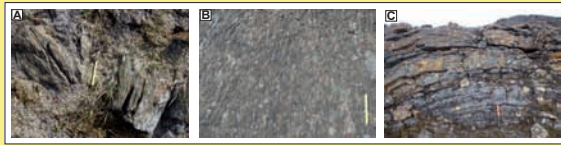


Fig. 4. Photographies des différents types de déformation observés sur les roches de la SMUN et des roches sédimentaires des alentours. (A) Mylonitisation des roches ultramafiques associée à une zone de déformation locale. (B) Déformation à contact interne des roches ultramafiques, possiblement reliée à une déformation des roches qui proviendrait du manteau. (C) Déformation et plissement faibles des roches sédimentaires du Groupe de Lake Harbour. Ce contraste dans l'intensité de la déformation semble en question le recouvrement de ces roches par les roches de la SMUN.

## La pétrographie microscopique

Généralement les roches de la SMUN sont très altérées. Cette altération s'exprime par la présence de serpentine suite à l'altération des olivines et probablement des pyroxènes. Les amphiboles sont d'origine métamorphique et semblent provenir de l'altération des clinopyroxènes. La présence d'amphibole, de micas et de chlorites suggère la présence de fluides hydratés qui pourraient être impliqués dans la remobilisation des phases sulfurées et la formation des oxydes associés à des fractures. La présence de textures granoblastiques des amphiboles et des plagioclases des roches mafiques indiquent des processus de déformation subis par ces roches.

Selon les phases minérales présentes en lame mince, quatre types d'assemblages de faciès métamorphiques (d'après Evans dans Rollinson et al., 1981) ont été observés:

- Ctl + Tlc + Amp (Tr) + Chl<sup>+</sup> → faciès à schiste verts
- Ol + Ath + Amp (Tr) + Chl<sup>+</sup> → faciès à amphibolite
- Ol + Opx + Amp (Tr ou Hbl) + Al-Sp<sup>+</sup> → faciès à amphibolite
- Ol + Opx + Cpx + Hbl + Al-Sp<sup>+</sup> → faciès à granulites (P moyenne)

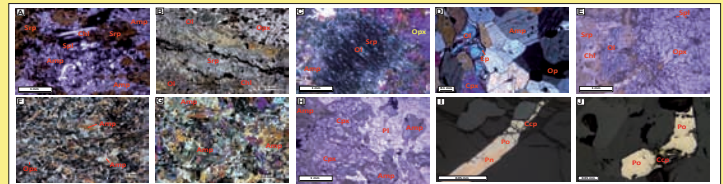


Fig. 5. Photographies au microscope de la SMUN. (A) Lherzolite, (B) Harzburgite, (C) Webstérite, (D) Clinopyroxénite, (E) Clinopyroxénite à olivine, (F) Clinopyroxénite à olivine, (G) Clinopyroxénite à olivine, (H) Gabbro.

## Les analyses lithogéochimiques

Les diagrammes binaires de roche totale MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Fig. 6A) et MgO-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Fig. 6B) montrent une corrélation négative et positive respectivement des roches ultramafiques vers les roches mafiques. Ces corrélations suggèrent un processus de cristallisation fractionnée ou le magma montre un enrichissement progressif du contenu en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et un appauvrissement en MgO et Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> des roches ultramafiques jusqu'aux roches mafiques. Le diagramme MgO-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> montre aussi un enrichissement de certains échantillons en Cr qui pourrait être relié à un processus d'accumulation de chromite.

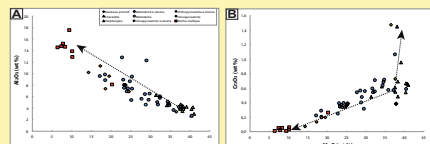


Fig. 6. Diagrammes binaires de roche totale de MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (A) et de MgO-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (B). Dans les deux diagrammes on peut observer que le magma montre un enrichissement progressif du contenu en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et un appauvrissement en MgO et Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> des roches ultramafiques jusqu'aux roches mafiques, ce qui suggère un processus de cristallisation fractionnée.

Les diagrammes binaires de Cr-Mg<sup>2+</sup> [(Cr/Cr+Al)-(Mg/Mg+Fe<sup>2+</sup>)] des spinelles montrent deux familles : des chromites et des hercynites. De plus, ces deux familles montrent deux tendances (Fig. 7A). Le contenu en Fe des olivines en équilibre (Fig. 7B) doit être inférieur à Fo80 et Fo70 pour chacune des familles (champs jaune et vert respectivement). Par contre, le contenu en Fe des olivines en équilibre avec les spinelles est supérieur, Fo89-97 et Fo81-74 respectivement. Cette variation est reliée au rééquilibrage subsolidus entre l'olivine et le spinelle (Roeder, 1994). En plus, les bordures des chromites et des hercynites présentent un enrichissement en Al et Mg par rapport aux coeurs (Fig. 7C), ce qui peut être relié à un processus de diffusion entre le Cr et l'Al pendant la cristallisation du magma (Roeder et al., 2001).

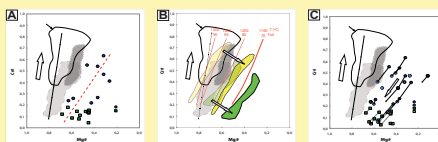


Fig. 7. Diagrammes binaires de Cr-Mg<sup>2+</sup> [(Cr/Cr+Al)-(Mg/Mg+Fe<sup>2+</sup>)] des spinelles. Légende dans la Fig. 6. (A) Représentation graphique de la Cr-Mg<sup>2+</sup> des coeurs des chromites et des hercynites. (B) Diagramme de la Cr-Mg<sup>2+</sup> des coeurs des olivines en équilibre avec les spinelles. (C) Diagramme de la Cr-Mg<sup>2+</sup> des bordures des chromites et des hercynites.

Les diagrammes des terres rares des roches ultramafiques de la SMUN montrent généralement un enrichissement en LREE et un patron relativement plat des MREE et des HREE (Fig. 8A, 8B et 8C). Les roches ultramafiques présentent un enrichissement x1 à x20 par rapport aux valeurs chondritiques pour la plupart des échantillons. Les roches mafiques présentent un patron similaire à certaines webstérites à olivine et clinopyroxénites à olivine (x6-40 les valeurs chondritiques), ce qui peut suggérer que les roches ultramafiques sont la source des roches mafiques (Fig. 8D).

Le manque d'un patron plat des REE est indicatif de la fusion partielle du manteau lithosphérique à faible profondeur (Remizov et Pape, 2004). Ce processus pourrait expliquer les anomalies négatives en Eu des roches, associée à la cristallisation fractionnée (extraction de plagioclase, phase qui n'est pas présente dans les roches ultramafiques de la SMUN) ou à la présence de plagioclase dans la source (<30 km). L'absence de plagioclase dans les roches peut être associée à l'altération de celle-ci en hercynite et hornblende (Franz et al., 2002).

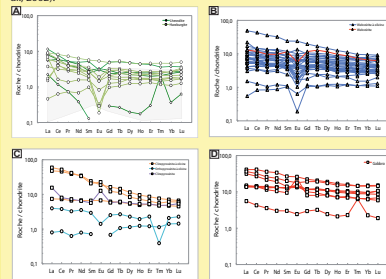


Fig. 8. Profils des REE normalisés à la chondrite pour les roches mafiques et ultramafiques à concentration moyenne en REE de la SMUN. (A) Lherzolite et harzburgite. (B) Webstérite à olivine et clinopyroxénite. (C) Clinopyroxénite à olivine. (D) Gabbro.

Le contenu en NiO dans l'olivine est indicatif de la présence ou absence d'un liquide sulfuré en équilibre avec un liquide ultramafique ou mafique (Fleet et al., 1977). Le contenu en NiO de l'olivine augmente systématiquement avec le contenu en NiS du liquide sulfuré en équilibre. Jusqu'à 0,4 wt% NiO pour un 50% molaire de NiS (Fig. 9A; Fleet et al., 1977). Ainsi, les harzburgites, les orthopyroxénites à olivine et certaines webstérites à olivine de la SMUN sont en équilibre avec des pourcentages supérieurs au 30% molaire de NiS. Cet enrichissement est indicatif d'une saturation en soufre au début de la cristallisation des périodites et d'une partie des pyroxénites.

Le contenu total en métaux communs de la SMUN est relativement faible par rapport aux valeurs du manteau primitif (Fig. 9B). L'enrichissement en Cu et Pd des roches sédimentaires pourrait suggérer une certaine remobilisation hydrothermale, mais aussi pourrait mettre en évidence que les sédiments aux alentours de la SMUN peuvent provenir de l'érosion de ces roches. Autrement, le faible contenu dans les roches ultramafiques et mafiques en générale pourrait être relié à la présence du manteau, puisque les valeurs des roches ultramafiques sont similaires au contenu en Ni, Cu et EGP des lherzolites et des harzburgites.

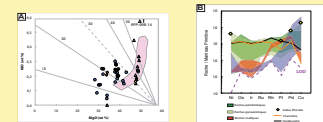


Fig. 9. (A) Relation NiO-Ni<sub>2</sub>O des olivines en équilibre avec un liquide sulfuré (Fleet et al., 1977). Les lignes représentent le pourcentage molaire de NiS dans le liquide sulfuré. Le champ noir correspond aux données du manteau supérieur et des bornes. (B) Diagramme de la NiO-Ni<sub>2</sub>O des olivines en équilibre avec un liquide sulfuré. Les lignes représentent le pourcentage molaire de NiS dans le liquide sulfuré. Le champ noir correspond aux données du manteau supérieur et des bornes.

## Interprétation préliminaire du contexte géotectonique

Les premières données géochimiques obtenues suggèrent que les roches de la SMUN n'appartiennent pas toutes à une suite d'origine magmatique. En effet, les données préliminaires des éléments majeurs dans les spinelles montrent qu'une partie des roches analysées pourraient correspondre à des roches du manteau associées à une ophiolite. Le contenu en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et de TiO<sub>2</sub> des chromites permet de calculer le contenu de ces deux composants dans le liquide à partir duquel les roches ont cristallisé :  
In (wt% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> liq) = 0,41322 x (In (wt% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> chr)) + 1,38529 (Maurer et Maurel, 1982)  
In (wt% TiO<sub>2</sub> liq) = 0,82574 x (In (wt% TiO<sub>2</sub> chr)) + 0,20203 (Pagé et Barnes, 2009)  
Les valeurs obtenues sont 14,86 wt% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et 0,36 wt% TiO<sub>2</sub>. Ces résultats sont similaires aux valeurs des basaltes tholéitiques d'île en arc (Wilson, 1989). Cela a énormément d'implications tant par rapport à l'intensité de la déformation que par rapport au contexte et au mode de mise en place de ces roches. Cela suggère aussi que la SMUN ne recoupe pas les roches métasédimentaires du GLH, que leur proximité pourrait plutôt résulter d'un processus tectonique au Paléoproterozoïque.

## CONCLUSIONS

1. La SMUN inclut possiblement de roches du manteau (lherzolites à spinelle ou lherzolite à plagioclase et spinelle) qui ont fondue.
2. Les mesures structurales suggèrent que ces roches se sont possiblement accrétées à la bordure Est de la Province Churchill, suite à la fermeture d'un bassin océanique au cours de la formation de l'Orogène des Torngat, lors d'un processus de subduction et dont le Couloir de Déformation de Blumath pourrait en représenter la cicatrice.
3. La pétrographie microscopique montre que les roches de la SMUN sont en générale très altérées et ont subi des processus de déformation (localement intense) et recristallisation. La SMUN a été soumise à des conditions métamorphiques au faciès des amphibolites supérieur et possiblement jusqu'au faciès de granulites et rétrogradés jusqu'à des faciès des schists verts.
4. Le faible contenu en EGP de certaines roches de la SMUN par rapport aux valeurs du manteau primitif pourrait être relié à leur origine mantellique. S'il s'agit des roches mantelliques, elles peuvent présenter un possible potentiel économique en Cr. La saturation en soufre a eu lieu au début de la cristallisation fractionnée.
5. Les spinelles montrent un processus de rééquilibrage subsolidus pendant le refroidissement des roches. Une partie des spinelles a été possiblement transformée de chromites à hercynites lors du métamorphisme. Le diagramme Cr-Mg<sup>2+</sup> ainsi que le contenu en Al et Ti du liquide à partir duquel les roches ont cristallisé montrent

## **ANNEXE 8 : LE CONGRÈS “QUÉBEC MINES 2016”**



## Annexe 8 : Québec Mines 2016

### **La Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk : une nouvelle séquence ophiolitique dans l'arrière-pays de la Zone Noyau, Province du Churchill sud-est (Québec)**

Rocío Pedreira Pérez<sup>1</sup>, Philippe Pagé<sup>1</sup>, Daniel Bandyayera<sup>2</sup>, Sarah-Jane Barnes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UQAC

<sup>2</sup>MERN

La suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk (SMUN) est localisée dans la Zone Noyau (Province du Churchill sud-est), à proximité du Couloir de Déformation de Blumath. Ce couloir sépare la Zone Noyau (faciès métamorphiques des schistes verts-amphibolite) de l'Orogène des Torngat (faciès métamorphiques des granulites) et pourrait représenter une ancienne zone de suture. La SMUN est formée de plusieurs corps plurikilométriques orientés grossièrement nord-sud et distribués le long du Couloir de Déformation de Blumath.

La cartographie détaillée et l'échantillonnage des corps de la SMUN ont été effectués durant l'été 2014. Les observations de terrain ainsi que l'étude pétrographique microscopique ont permis d'identifier quatre faciès : i) péridotitiques, ii) pyroxénitiques, iii) gabbroïques, et iv) amphibolitiques. La pétrographie microscopique montre que les roches de la SMUN sont généralement très altérées, déformées et recrystallisées. La lithogéochimie sur roche totale des éléments majeurs et mineurs suggère que les roches de la SMUN résultent d'un processus de cristallisation fractionnée à partir d'une seule série magmatique. Cette série semble être composée, en plus des roches mafiques et ultramafiques de la SMUN, par des roches mafiques définies initialement comme appartenant au Groupe de Lake Harbour (séquence de roches volcano-sédimentaires paléoprotérozoïques).

La nature des roches de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk et l'interprétation de son contexte géotectonique de formation suggèrent qu'elles correspondent vraisemblablement à une séquence ophiolitique incluant une portion de la section crustale cumulative. Par contre, une origine mantellique pour certains échantillons n'a pu être confirmée avec certitude. Le contexte géotectonique de la SMUN est similaire à un environnement tectonique avant-arc qui évolue vers un contexte d'île en arc. L'interprétation que le Couloir de Déformation de Blumath constitue une ancienne zone de suture semble avérée.

Puisque la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk correspond à une séquence ophiolitique, son potentiel économique est davantage limité. La SMUN contient une minéralisation sulfurée composée de l'assemblage Pn-Po-Cpy±Py, mais le contenu en sulfures est toujours inférieur à 1% (à exception de l'indice Phiroda, qui contient 3%). Pour une séquence ophiolitique, le potentiel économique repose essentiellement sur la présence de gisements de chromite et de VMS de type Chypre dans les séquences volcaniques qui recouvrent la portion plutonique de la croûte. Éventuellement les ophiolites peuvent aussi contenir des gisements d'ÉGP de faible dimension. Par contre, l'évolution vers un contexte d'île en arc n'est pas favorable à la formation de gisements de chromite et d'ÉGP comme le serait des magmas de type boninitique.



# La Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk : une nouvelle séquence ophiolitique dans l'arrière-pays de la Zone Noyau du sud-est de la Province du Churchill (Québec)

Rocio Pedreira Pérez<sup>1</sup>, Philippe Pagé<sup>1</sup>, Daniel Bandyayara<sup>2</sup>, Sarah-Jane Barnes<sup>1</sup>  
1. Chaire de Recherche du Canada en Métallogénie Magmatique, UQAC (Z3 rocio.pedreira-perez1@uqac.ca)  
2. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN)

## LOCALISATION ET OBJECTIFS

La Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk (SMUN) est située dans la Zone Noyau de la partie SE de la Province du Churchill (Québec), et distribuée dans les feuilletés 24H10 et 24H15 (fig. 1).

Cette suite est composée de plusieurs corps plurikilométriques d'orientation N-S et distribués le long du **Couloir de Déformation de Blumath (CDB)**, une structure majeure qui sépare la Zone Noyau et l'Orogène des Torngat. GLH

La SMUN est dominée par quatre groupes de roches : 1) péridotites, 2) pyroxénites, 3) amphibolites, et 4) gabbros. Ces corps sont variablement métamorphisés et déformés et ont atteint le **faciès des granulites** et rétrogradés au faciès des amphibolites et des schistes verts. Ces roches présentent une relation spatiale avec les **roches volcano-sédimentaires** du Groupe de Lake Harbour (GLH).

Les principaux **objectifs** de ce projet de maîtrise sont :  
1) Identifier la nature des roches et préciser leur contexte de mise en place.  
2) Évaluer le potentiel économique.

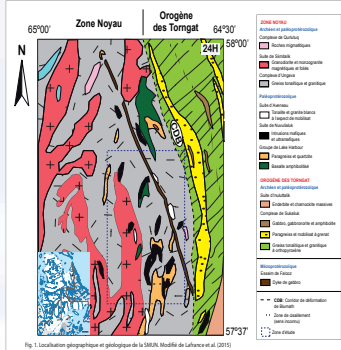


Fig. 1 Localisation géographique et géologique de la SMUN. Modifié de Lachance et al. (2015).

## Observations sur le terrain :

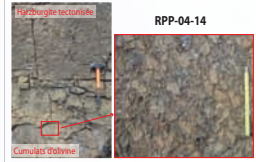
Des corps éparpillés de taille plurikilométrique d'orientation N-S.



L'intense aléatération des roches rend difficile leur classification sur le terrain.



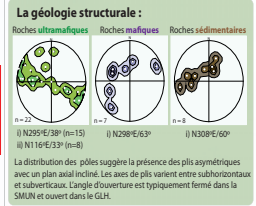
Observation de structures similaires au manteau tectonique en contact avec des cumulates.



Déformation localement intense des roches ultramafiques (webstérite à olivine) recoupées par des dykes ultramafiques (webstérite à olivine) pas déformés.



L'intensité du métamorphisme génère des orthopyroxènes de taille decamétrique



## Classification et pétrographie des roches de la SMUN et des alentours :

La SMUN est dominée par deux groupes de roches :

- Des faciès **ultramafiques** (fig. 2) :
  - ➔ Péridotites : harzburgites et lherzolites.
  - ➔ Pyroxénites : webstérites et webstérites à olivine (deux familles)
- Des faciès **mafiques** :
  - ➔ Amphibolites
  - ➔ Gabbros

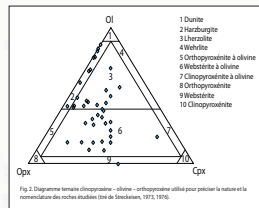
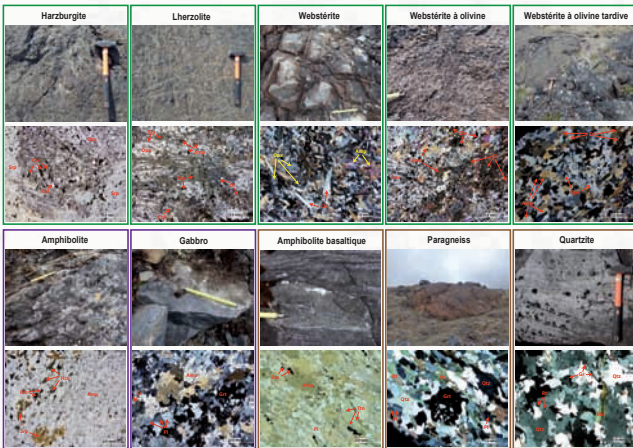


Fig. 2 Diagramme ternaire olivine - clinopyroxène - orthopyroxène utilisé pour préciser la nature et la nomenclature des roches étudiées (d'après De Wit, 1971, 1976).

Le GLH est composé par une **séquence volcano-sédimentaire** :

- Des amphibolites basaltiques
- Des paragneiss et des quartzites



## Géochimie de roche totale :

Éléments majeurs et mineurs

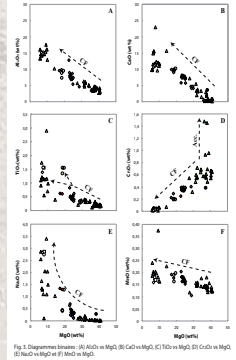


Fig. 3 Diagrammes binaire : (A) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vs MgO, (B) CaO vs MgO, (C) TiO<sub>2</sub> vs MgO, (D) Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vs MgO, (E) Na<sub>2</sub>O vs MgO et (F) K<sub>2</sub>O vs MgO.

Généralement, nous observons une tendance de cristallisation fractionnée au cours de l'évolution du magma/s (cf. Fig. 3), mais certaines roches ne suivent pas cette tendance (e.g. webstérites à olivine tardives, fig. 3A; amphibolites, fig. 3C). Certaines roches semblent refléter un processus d'accumulation de chromite (fig. 3D).

Les REE montrent généralement un enrichissement en LREE (sauf certaines harzburgites) et un patron relativement plat des MREE et des HREE. Certaines roches présentent des anomalies en Eu, possiblement à cause de la mobilité de l'Eu<sup>3+</sup>. Dans la fig. 4A deux groupes peuvent être observés. Dans la fig. 4D les gabbros de la SMUN et les basaltes du GLH se superposent entre eux.

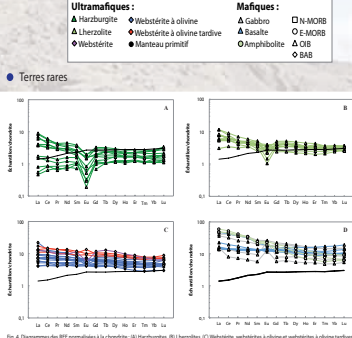
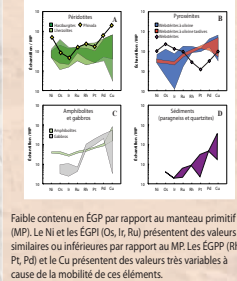
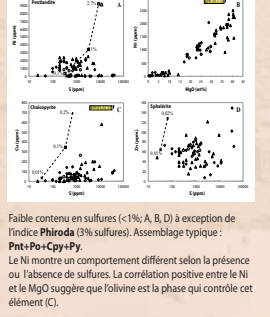


Fig. 4 Diagrammes binaire : (A) Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> vs TiO<sub>2</sub>, (B) ZrO<sub>2</sub> vs TiO<sub>2</sub>, (C) HfO<sub>2</sub> vs TiO<sub>2</sub>, (D) Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> vs TiO<sub>2</sub>.

## Potentiel économique



Faible contenu en EGP par rapport au manteau primitif (MP). Le Ni et les EGP (Os, Ir, Ru) présentent des valeurs similaires ou inférieures par rapport au MP. Les EGP (Rh, Pt, Pd) et le Cu présentent des valeurs très variables à cause de la mobilité de ces éléments.



Faible contenu en sulfures (<1% As, B, D) à l'exception de l'indice Phrida (3% sulfures). Assemblage typique : **Pnt-Po-Cpy-Py**. Le Ni montre un comportement différent selon la présence ou l'absence de sulfures. La corrélation positive entre le Ni et le MgO suggère que l'olivine est la phase qui contrôle cet élément (C).

## Métamorphisme :



## CONCLUSIONS

1. La SMUN inclut des cumulates de la croûte océanique et possiblement de roches du manteau (harzburgites à spinelle) qui ont fondu.
2. Les données géochimiques suggèrent que ces roches se sont possiblement accrétées à la bordure Est de la Province Churchill, suite à la fermeture d'un bassin océanique au cours de la formation de l'Orogène des Torngat, lors d'un processus de subduction et dont le Couloir de Déformation de Blumath pourrait en représenter la cicatrice.
3. La pétrographie microscopique montre que les roches de la SMUN sont en générale **très altérées** et ont subi des processus de **déformation** (localement intense) et **recristallisation**. La SMUN a été soumise à des

conditions métamorphiques au faciès des granulites et rétrogradés jusqu'au faciès des schistes verts.

4. La **faible contenu** en EGP de certaines roches de la SMUN par rapport aux valeurs du manteau primitif pourrait être relié à leur origine mantellique. S'il s'agit de roches mantelliques, elles peuvent présenter un **possible potentiel économique** en Cr. La saturation en soufre a lieu au début de la cristallisation fractionnée.
5. Les **spinelles** montrent un processus de **rééquilibrage subsolidus** pendant le refroidissement des roches. Une partie des spinelles a été possiblement transformée de chromites à hercynites lors du métamorphisme. Le diagramme Cr#-Mg# et les diagrammes des éléments traces pour les basaltes montrent **des roches d'origine ophiolitique d'un environnement tectonique avant-arc et qui évolue vers un contexte d'île en arc**

## Contexte géologique

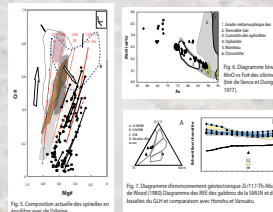


Fig. 8 Diagrammes binaire : (A) Ni vs Cu, (B) Ni vs Pt, (C) Ni vs Pd, (D) Ni vs Au.

La fig. 5 montre la composition actuelle des spinelles en équilibre avec des olivines et la composition des coeurs des spinelles avant leur rééquilibrage subsolidus. Avant leur rééquilibrage, les spinelles de la SMUN présenteraient une composition similaire à celles des péridotites avant arc.

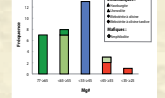
Le diagramme binaire MnO vs Fo# des olivines (fig. 6) suggère que les roches de la SMUN appartiennent à une séquence ophiolitique dans laquelle nous retrouvons une section mantellique et une séquence cumulative appartenant à la croûte.

Les basaltes du GLH pourraient appartenir à la SMUN. Ils sont caractérisés comme des basaltes d'île en arc selon le rapport Zr/117-Th/Nb (fig. 7A). Les profils des REE des basaltes ont été comparés avec des basaltes tholéitiques d'île en arc de l'arc de Honshu et d'Eraté Island (fig. 7B). Les basaltes présentent un profil de REE normalisé similaire à ceux.

## Des cumulates et/ou des résidus ?

La plupart des roches ont une origine cumulative, sauf certaines péridotites. Des gabbros dans le champ mantellique, mais enrichies en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Il s'agit de roches de la croûte.

## Olivines en équilibre avec le manteau ?



Le Mg# des roches suggère que la plupart des harzburgites sont en équilibre avec le manteau. Est-ce qu'il s'agit d'un manteau subducté ? C'est possible, mais l'enrichissement en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> des harzburgites.

## REMERCIEMENTS

Je remercie mon directeur, Monsieur Philippe Pagé, pour suivre l'évolution de ce projet et ses lectures critiques. Je remercie également Madame Sarah-Jane Barnes pour ses discussions. Aussi, Monsieur Daniel Bandyayara, pour les lectures critiques des rapports. Je remercie tout l'équipe du MERN de l'été 2014, pour l'aide sur le terrain et sur le camp.



